



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**Facultad de Ciencias Químicas**  
**Carrera de Ingeniería Ambiental**

**“Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como  
herramienta de gestión de los recursos hídricos”**

**Autora:**

Gabriela Araceli Samaniego Astudillo  
CI:0106470578

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental**

**Tutor:**

Ing. Juan Diego Espinoza Gárate  
CI: 0301989448

**Asesor:**

Ing. Lautaro Armando Cabrera Salinas  
CI: 0104414511

**Cuenca-Ecuador**  
**08 de abril 2019**



## RESUMEN

La calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay puede verse afectada por diferentes actividades antrópicas que se realizan en la zona. Las cuales representan un riesgo para la población de la parte baja. Por lo tanto, realizar un estudio de esta resulta fundamental, debido a que el agua de la microcuenca es destinada para el consumo de la población del centro cantonal de Sígüsig. La presente investigación tiene como objetivo analizar la calidad de agua en diferentes niveles de altitud de la microcuenca, la cual puede estar influenciada por las actividades agropecuarias. Para esto, se determinaron cuatro puntos de muestreo en el río en base al uso de suelo. Posteriormente, se levantó información en la zona para conocer las variables que pueden influir en la calidad de agua por medio de encuestas. Luego se realizaron tres monitoreos en los meses de septiembre (época seca 44,38 mm), octubre y noviembre (época lluviosa 56,60 - 121,12 mm). Se aplicó el Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation (ICA-NSF) para determinar la calidad de agua en los puntos identificados. Se verificó si existe una relación de las variables presión atmosférica, temperatura y altitud con el ICA. Finalmente, en base a los resultados se plantearon medidas de control y mitigación de los impactos causados al agua por esta actividad. Los resultados que se obtuvieron del ICA-NSF variaron entre 61,28 y 72,07. Los valores obtenidos indican que la calidad de agua oscila entre media y buena. Sin embargo, la calidad que predomina es media en la mayoría de los puntos de monitoreo. El parámetro que influyó en mayor proporción fue los coliformes fecales, llegando a un valor extremo de 920 NMP/100ml en la época lluviosa. Sin embargo, los demás parámetros a excepción de la demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y fósforo total, aumentan a medida que disminuye la altitud de la microcuenca. De las variables analizadas con respecto al ICA, la temperatura ambiente es la variable que puede influir en el ICA con 45,60 %.

### Palabras clave

Actividad agropecuaria. Calidad de agua. ICA-NSF.



## ABSTRAC

The water quality of the watershed of the Alcacay river can be affected by different human activities that are carried out in the area. These represents a risk to the population of the lower part. Therefore, to carry out this study is fundamental because the water of the watershed is destined for the consumption of the population in the cantonal center of Síg sig. This research aims to analyse the quality of water at different altitude levels of the watershed, which may be influenced by agricultural activities. For this, four sampling points were determined in the river based on the use of soil. Subsequently, information was raised in the area to know the variables that can influence the quality of water by means of surveys. Then, three monitoring was carried out in the months of September (dry season 44.38 mm), October and November (rainy season 56.6-121.12 mm). The National sanitation Foundation Water quality index (ICA-NSF) was applied to determine the water quality at the specified points. It is verified if there is a relation of the variables atmospheric pressure, temperature and altitude with the ICA. Finally, on the basis of the results, measures of control and mitigation of the impacts caused to the water by this activity were raised. The results obtained from the ICA-NSF ranged from 61.28 to 72.07. The values obtained indicate that the water quality oscillates between medium and good. However, the quality that predominates is medium in most of the monitoring points. The most influential parameter was fecal coliforms, reaching an extreme value of 920 NMP/100ml in the rainy season. However, the other parameters except for the biochemical demand for oxygen, nitrates and total phosphorus, increase as the altitude of the watershed decreases. From the variables analyzed with respect to ICA, the ambient temperature is the variable that can influence the ICA with 45.6%.

### Key words

Agricultural activity. Water quality index – NSF. Síg sig.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	2
ABSTRAC .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	7
CAPÍTULO I .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1 Identificación del problema .....	12
1.2 Justificación .....	14
1.3 Objetivos.....	16
CAPITULO II .....	17
2. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Marco legal .....	17
2.2 Conceptos generales.....	23
2.3 Índices de calidad de agua .....	25
CAPITULO III .....	30
3. METODOLOGÍA .....	30
3.1 Área de estudio.....	30
3.2 Identificación de los puntos de monitoreo.....	31
3.3 Obtención de información primaria y secundaria.....	33
3.4 Muestreo.....	36
3.5 Aplicación del ICA-NSF multiplicativo.....	40
CAPITULO IV .....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45



4.1 Análisis de los resultados de las encuestas .....	45
4.2 Resultados del muestreo .....	48
4.3 Análisis de los resultados obtenidos en el ICA-NSF .....	54
4.4 Determinación de medidas que regulen los impactos que causa la actividad agropecuaria.....	61
CAPÍTULO V .....	63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1 Conclusiones .....	63
5.2 Recomendaciones .....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
ANEXOS .....	72



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de monitoreo.....	33
Tabla 2. Precipitación de los meses seleccionados para el muestreo .....	38
Tabla 3. Métodos empleados para la medición de los parámetros .....	39
Tabla 4. Factores de ponderación propuestos por Brown.....	41
Tabla 5. Escala de clasificación de la calidad de agua del ICA-NSF .....	43
Tabla 6. Escala de interpretación.....	44
Tabla 7. Resumen de los resultados de los análisis de laboratorio y de los datos meteorológicos del primer monitoreo (13/09/2018) .....	48
Tabla 8. Resumen de los resultados de los análisis de laboratorio y de los datos meteorológicos del segundo monitoreo (18/10/2018) .....	49
Tabla 9. Resumen de los resultados de los análisis de laboratorio y de los datos meteorológicos del tercer monitoreo (21/11/2018) .....	50
Tabla 10. Verificación del cumplimiento de los parámetros con la normativa (Primer monitoreo) .....	50
Tabla 11. Verificación del cumplimiento de los parámetros con la normativa (Segundo monitoreo).....	53
Tabla 12. Verificación del cumplimiento de los parámetros con la normativa (Tercer monitoreo) .....	53
Tabla 13. Resumen del valor del ICA de los monitoreos realizados .....	54
Tabla 14. Correlaciones .....	59
Tabla 15. Resultados de la regresión lineal de la Altitud.....	60
Tabla 16. Resultados de la regresión lineal de la Presión Atmosférica.....	60
Tabla 17. Resultados de la regresión lineal de la Temperatura Ambiente .....	61
Tabla 18. Valores pluviométricos mensuales clasificados por año (mm) .....	79
Tabla 19. Resumen de los resultados del cálculo del ICA-NSFm del primer monitoreo .....	81
Tabla 20. Resumen de los resultados del cálculo del ICA-NSFm del segundo monitoreo .....	83



Tabla 21. Resumen de los resultados del cálculo del ICA-NSFm del tercer monitoreo .....	85
---	----

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Área de estudio .....	30
Ilustración 2. Uso de suelo .....	31
Ilustración 3. Puntos de monitoreo .....	33
Ilustración 4 . Predios donde están ubicados los puntos de muestreo .....	35
Ilustración 5. Zona afectada por la actividad agropecuaria .....	48
Ilustración 6. Variación de los valores del ICA-NSF .....	55
Ilustración 7. Variación de coliformes fecales en los cuatro puntos de monitoreo ...	57
Ilustración 8. Variación del oxígeno disuelto en los cuatro puntos de monitoreo .....	58
Ilustración 9. Curva de calidad de la DBO.....	72
Ilustración 10. Curva de calidad de los SDT .....	73
Ilustración 11. Curva de calidad de los fosfatos .....	73
Ilustración 12. Curva de calidad del pH.....	74
Ilustración 13. Curva de calidad de los coliformes fecales .....	74
Ilustración 14. Curva de calidad del OD .....	75
Ilustración 15. Curva de calidad de la temperatura .....	75
Ilustración 16. Curva de calidad de los nitratos.....	76
Ilustración 17. Curva de calidad de la turbidez.....	76
Ilustración 18. Variación de la temperatura en los cuatro puntos de monitoreo .....	88
Ilustración 19. Variación del pH en los cuatro puntos de monitoreo.....	88
Ilustración 20. Variación de la turbiedad en los cuatro puntos de monitoreo .....	89
Ilustración 21. Variación del fósforo total en los cuatro puntos de monitoreo.....	89
Ilustración 22. Variación de los nitratos en los cuatro puntos de monitoreo .....	90
Ilustración 23. Variación de la DBO en los cuatro puntos de monitoreo .....	90
Ilustración 24. Variación de los sólidos totales en los cuatro puntos de monitoreo..	91
Ilustración 25. Primer punto de monitoreo.....	92
Ilustración 26. Segundo punto de monitoreo .....	92
Ilustración 27. Tercer punto de monitoreo .....	93



Ilustración 28. Cuarto punto de monitoreo .....	93
Ilustración 29. Resultados de laboratorio del primer monitoreo .....	94
Ilustración 30. Resultados de laboratorio del segundo monitoreo .....	95
Ilustración 31. Resultados de laboratorio del tercer monitoreo .....	96



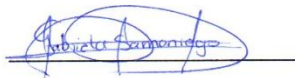
Cláusula de Licencia y Autorización para Publicación en el Repositorio Institucional

---

Gabriela Araceli Samaniego Astudillo en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, Abril 2019.



Gabriela Araceli Samaniego Astudillo

C.I. 0106470578

### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Gabriela Araceli Samaniego Astudillo, autora del trabajo de titulación "Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, abril de 2019.



Gabriela Araceli Samaniego Astudillo

C.I. 0106470578



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero empezar agradeciendo a Dios por permitirme cumplir cada una de las metas propuestas a pesar de los obstáculos que se me han presentado.

A mis padres, por su paciencia y su apoyo, no solamente en mi vida universitaria sino en cada uno de los momentos buenos y malos por los que he tenido que pasar. Ellos han sido el pilar fundamental de mi vida. A mis hermanos, quienes han tenido que soportar mi mal carácter y mis malas noches.

No podía faltar el agradecimiento para los responsables de este trabajo de titulación, mi Asesor, el Ingeniero Lautaro Cabrera; y mi tutor, el Ingeniero Juan Diego Espinoza. Gracias por su tiempo y su disposición, por compartir sus conocimientos y sobre todo por el apoyo para la realización del proyecto.

A cada uno de los profesores que día a día han impartido sus conocimientos, logrando en sus estudiantes un aprendizaje de calidad.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos, quienes en todo el transcurso de la carrera han hecho que esta etapa sea inolvidable, cada uno con su particular forma de ser me ha ayudado no solamente a crecer como persona sino como profesional.



## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Identificación del problema

La disponibilidad de agua desempeña un papel fundamental para apoyar a diferentes medios de vida, seguridad alimentaria y salud pública en casi todos los países en vías de desarrollo (Baguma, Loiskandl, & Jung, 2010). Por ello, la demanda de agua para usos domésticos, agrícolas e industriales ha crecido aceleradamente con el incremento de la población (Yisa & Tijani Oladejo, 2010). La calidad de aguas superficiales se ve afectada principalmente por la introducción de agentes contaminantes de origen antrópico (Coello et al., 2015). Es por esta razón, que este recurso a medida que pasa el tiempo, se ve influenciado mayormente por sustancias agresivas y difíciles de tratar (Samboni Ruiz, Carvajal Escobar, & Escobar, 2007). Generalmente, se realizan estudios de calidad de agua pues en la mayoría de los casos está destinada al consumo humano.

En Ecuador, este recurso ha sido estudiado por diferentes autores como López, Nevels, & Kading, (2011), Zambrano & Luis, (2011), Mite et al., (2016), Coello, Ormaza, Déley, Recalde, & Rios, (2015), ya que en la mayoría de los casos el agua se ve influenciada negativamente por actividades antrópicas, generalmente por las actividades agropecuarias. Esto afecta a la mayoría de los cantones del Ecuador que utilizan este recurso.

A inicios del siglo pasado y hasta los años cincuenta, la actividad agraria de la microcuenca del río Alcacay acopia la presencia de comunidades muy antiguas con diferencias mínimas entre sí. Esta tierra estaba en manos de grandes haciendas y contaba con campesinos-indígenas. Era usada para el pastoreo de ganado de carne y leche, para la crianza de caballos, cultivo de maíz, habas, fréjol, melloco, papas, trigo y cebada. Generalmente gran parte de esa tierra, particularmente la de las zonas altas, estaban ocupadas por bosques nativos que se utilizaban para la recolección de leña y madera (Pulla Samaniego, 2012).



Actualmente las actividades agropecuarias se mantienen en la microcuenca, según el mapa de uso de suelo del Gad Municipal de Sígsig.

A 2825 m s. n. m. de la microcuenca se encuentra ubicada la captación de agua potable. En esta área se tiene como actividades antrópicas principales la ganadería y agricultura. Estas actividades son capaces de influir en la calidad de agua como se ha demostrado en otros sitios del mundo. Debido a que en la mayoría de los casos, no existen medidas que las regulen (Gwenzi, Dunjana, Pisa, Tauro, & Nyamadzawo, 2015). Sin embargo, el agua debe ser cuidada de tal manera que sus propiedades no se alteren para garantizar que este líquido que posteriormente será captado por la planta potabilizadora tenga los parámetros ideales de tratamiento.



## 1.2 Justificación

Los recursos hídricos por lo general son propensos a dos tipos de contaminación: natural y por influencia antrópica. La contaminación natural se origina por material particulado o disuelto y por materia orgánica natural. Mientras que la de origen antrópico suele ocasionarse por vertimiento de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, influencia ganadera, efluentes de procesos industriales, entre otros (Coello et al., 2015).

El aumento de la población genera una mayor presión a los recursos naturales provocando en la mayoría de los casos el uso inadecuado de estos. La demanda de recursos a provocado que estos lleguen a su límite. Además, la organización y normativas incompletas hacen que su uso sea inadecuado e ineficiente. Estas causas pueden ser las responsables de la contaminación del recurso hídrico. Existen diferentes actividades de origen antrópico utilizadas para satisfacer sus necesidades.

Una de las actividades más importantes es la agropecuaria, que con el paso del tiempo ha incrementado el riesgo o daño a los recursos hídricos. Se ha demostrado que aguas superficiales (nacientes, ríos, etc.) y subterráneas son sensibles a varias fuentes de contaminación que alteran las propiedades físico-químicas o microbiológicas (Zhen-Wu & Bi Yun, 2010) limitando su aprovechamiento.

La evaluación de la calidad del agua es muy importante ya que permite conocer el estado actual de las aguas superficiales (ríos, lagos, etc.) y más aún si el agua de estos está destinada al consumo humano. Además, permite tomar acciones de control y mitigación de tal manera que se garantice el suministro de agua segura (Lozada et al., 2010).

Los índices de calidad de agua (ICA) nacen como un instrumento sencillo para la evaluar el recurso hídrico, esencial en procesos de decisión de políticas públicas y en el análisis de los impactos (Torres, Cruz, & Patiño, 2009). Existen diferentes ICA que se han desarrollado con el paso del tiempo a nivel mundial. Sin embargo, el que más se destaca es el de la National Sanitation Foundation (ICA– NSF) (Lozada et al., 2010). Este índice a pesar de no ser utilizado en casos específicos,



proporciona información importante acerca de la calidad de agua. Usualmente son usados para conocer si una fuente de agua puede consumirse sin correr ningún riesgo o si esta debe ser potabilizada (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

Los recursos hídricos de esta microcuenca tienen una importancia significativa, ya que es la única fuente de agua para el centro cantonal. Existen alrededor de 1700 usuarios de agua potable del cantón Sigsig, distribuidos en cuatro categorías: doméstica (1643), comercial (24), industrial (5) y pública (28) (Naturaleza y Cultura Internacional - NCI, 2015). Dota de agua alrededor de 11170 habitantes. En la actualidad existe un plan de manejo, en el cual el agua es analizada en dos sitios al azar y no en la zona intervenida. Por lo tanto, realizar un análisis de la calidad de agua de esta microcuenca resulta fundamental para garantizar que el líquido vital cumpla con las especificaciones determinadas en las diferentes normativas destinadas al consumo humano. Además, se pueden llegar a obtener resultados muy importantes si se mantiene un equilibrio socio ambiental de la microcuenca del río Alcacay a través una adecuada gestión del recurso hídrico y de los ecosistemas involucrados en la microcuenca.



### 1.3 Objetivos

#### Objetivo general

- Analizar las propiedades físico-químicas y biológicas del agua en la microcuenca del río Alcacay como herramienta de gestión de los recursos hídricos

#### Objetivos específicos

- Determinar los puntos de muestreo
- Obtener información de las variables que intervienen en la calidad de agua en la zona de estudio
- Analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua en la microcuenca del río Alcacay
- Aplicar el Índice de Calidad de Agua NSF
- Determinar medidas que regulen estas actividades en la zona de estudio





## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco legal

##### 2.1.1. La Constitución de la República del Ecuador indica:

- **Art 12, 313, 318.** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable y constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.
- **Art 314.** Se asigna al Estado la responsabilidad de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego para lo cual dispondrá que sus tarifas sean equitativas y establecerá su control y regulación. La misma norma determina que el Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.
- **Art 318.** Se prohíbe toda forma de privatización del agua y determina que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria y que el servicio de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; prescribe además, que el Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria.
- **Art 411.** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos



asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga.

## **2.1.2 La Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua indica:**

### **2.1.2.1 Título I, Disposiciones preliminares, Capítulo I, De los principios ley de recursos hídricos**

- **Art 8. Gestión integrada de los recursos hídricos.** La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

Se entiende por cuenca hidrográfica la unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas que drenan superficialmente hacia un cauce común, incluyen en este espacio poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas.

- **Art 12. Protección, recuperación y conservación de fuentes.** El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley. La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales. El Estado en sus



diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia.

El uso del predio en que se encuentra una fuente de agua queda afectado en la parte que sea necesaria para la conservación de la misma. A esos efectos, la Autoridad Única del Agua deberá proceder a la delimitación de las fuentes de agua y reglamentariamente se establecerá el alcance y límites de tal afectación. Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua y los usuarios del agua estarán obligados a cumplir las regulaciones y disposiciones técnicas que en cumplimiento de la normativa legal y reglamentaria establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.

- **Art 13. Formas de conservación y de protección de fuentes de agua.** Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción. Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley. Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica. Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.
- **Art 14. Cambio de uso del suelo.** El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.



### **2.1.2.2 Capítulo II, Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos, Sección Tercera Gestión y Administración de los Recursos Hídricos**

- **Art 32. Gestión pública o comunitaria del agua.** La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. La gestión pública del agua comprende, de conformidad con lo previsto en esta Ley, la rectoría, formulación y ejecución de políticas, planificación, gestión integrada en cuencas hidrográficas, organización y regulación del régimen institucional del agua y control, conocimiento y sanción de las infracciones, así como la administración, operación, construcción y mantenimiento de la infraestructura hídrica a cargo del Estado. La gestión comunitaria la realizarán las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio, juntas de agua potable y juntas de riego. Comprende, de conformidad con esta Ley, la participación en la protección del agua y en la administración, operación y mantenimiento de infraestructura de la que se benefician los miembros de un sistema de agua y que no se encuentre bajo la administración del Estado.

### **2.1.2.3 Capítulo II, Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos, Sección Cuarta, Servicios Públicos**

- **Art 37. Servicios públicos básicos.** Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso. La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud

### **2.1.2.4 Título III, Derechos, Garantías y obligaciones, Capítulo I, Derecho humano al agua**



- **Art 60. Libre acceso y uso del agua.** El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano, siempre que no se desvíen de su cauce ni se descarguen vertidos ni se produzca alteración en su calidad o disminución significativa en su cantidad ni se afecte a derechos de terceros y de conformidad con los límites y parámetros que establezcan la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Única del Agua. La Autoridad Única del Agua mantendrá un registro del uso para consumo humano del agua subterránea.

#### 2.1.2.5 Capítulo III, Derechos de la naturaleza

- **Art 64. Conservación del agua.** La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:
  - a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares;
  - b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
  - c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico;
  - d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y,
  - e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

#### 2.1.3. La ordenanza para la protección de fuentes de agua y ecosistemas del cantón Sígig indica:

##### 2.1.3.1 Capítulo III, De las áreas de conservación municipal y uso sustentable

- **Art 13. Administración y manejo y gestión de Áreas de Conservación Municipal y Uso Sustentable (ACMUS).** La administración y manejo de



áreas de propiedad privada y comunal, declaradas en calidad de ACMUS por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, serán administradas por sus respectivos propietarios; pero, deberán aplicar las disposiciones técnicas que la unidad de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Síg sig determine para su manejo, sin perjuicio de aplicar otros mecanismos de protección, en coordinación con instituciones públicas y privadas.

La administración de las áreas de propiedad municipal, declaradas como ACMUS, será ejercido en forma directa por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Síg sig, a través de la Unidad de Gestión Ambiental. La gestión del manejo de una ACMUS podrá compartirse, a través de convenios, con instituciones del sector público o privado.

#### **2.1.3.2 Capítulo IV, Regulación de vertientes, riberas y cursos de agua**

- **Art 19.** En la jurisdicción cantonal, el GAD Municipal ejercerá la competencia y facultades que permitan delimitar espacios orientados a la conservación de ecosistemas naturales, restauración de riberas y hábitats asociados al recurso hídrico; regular actividades y usos que afecten la calidad y cantidad de agua alrededor o en los costados de los cursos de agua; autorizar el uso y ocupación de riberas y lechos de ríos; y, el control permanente de los usos de riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas.

En la delimitación de riberas, se coordinará con la Secretaría Nacional de Agua (SENAGUA) y estos espacios podrán ser declarados como ACMUS conforme a las disposiciones de la presente ordenanza.

- **Art 20.** La delimitación de riberas o costados de los cursos de agua, con fines de protección, considerará aspectos ambientales o del entorno (ancho del río, quebrada u otra fuente de agua; pendiente del terreno, aumentando área de protección al aumentar ángulo de inclinación; destino de uso de la fuente o curso de agua; existencia de ecosistemas frágiles; áreas de restauración).
- **Art 21.** La regulación de las riberas de los ríos, lagos y lagunas y otras fuentes de agua, propenderá a garantizar la calidad y cantidad del líquido



vital; evitar erosión y deslizamientos de tierra; fomentar usos amigables con la naturaleza y desestimar y prohibir aquellos usos que signifiquen riesgos o amenazas a las condiciones naturales preexistentes.

- **Art 22.** Es obligatorio que, en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, se incluyan en la categoría de Zonas de Protección Ecológica o su equivalente, a las áreas de protección de las riberas y márgenes de ríos, lagos y otras fuentes de agua.
- **Art 23.** Todo uso de las riberas y los lechos de los ríos, en forma vinculante, requerirá de la autorización escrita y motivada de la autoridad municipal correspondiente. En caso de usos incompatibles con los márgenes de protección y/o restauración de riberas, se motivará la prohibición de uso.
- **Art 24.** Los propietarios de predios en los que se encuentren vertientes y cursos de agua deberán colaborar con el Estado para garantizar un adecuado manejo y evitar su interrupción, desvío de causes, erosión y deslizamientos de tierras. Para garantizar el cumplimiento y respeto de las áreas o márgenes de protección, verificar usos compatibles y monitorear espacios de restauración, en las riberas de ríos, lagos y otras fuentes de agua, la Unidad de Gestión Ambiental realizará controles a través de procedimientos que registren datos para su correspondiente evaluación, control y sanción conforme al marco jurídico vigente, en caso de ser necesario.

## 2.2 Conceptos generales

### 2.2.1 Calidad de agua

El agua es considerada un recurso esencial e indispensable para la preservación de la vida. Por esta razón, esta debe ser prioridad de los Estados, ya que al encontrarse expuesta al deterioro, puede verse afectada significativamente por el uso inadecuado e intensivo del recurso (Castro, Almeida, Ferrer, & Diaz, 2014).

El término calidad del agua es relativo, únicamente tiene importancia significativa si se hace uso del recurso. Lo que indica, que pueden existir fuentes de agua en



buenas condiciones (limpias) que permitan la vida de animales acuáticos pero que no son aptas para actividades recreativas y pueden encontrarse aguas útiles para el consumo humano pero que no son idóneas para la industria (Jiménez Terán, 2013).

Para determinar la calidad del agua se emplean metodologías diferentes, entre las que se incluyen: comparación de parámetros con la normativa vigente; los indicadores del índice de la calidad de agua (ICA) y metodologías más complejas como la modelación (Castro et al., 2014). De estas metodologías el ICA es la más empleada.

## **2.2.2 Importancia de la calidad de agua**

La importancia de medir la calidad de agua radica en que la disponibilidad del recurso cada vez se va reduciendo debido a varios factores que influyen en esta como: el aumento de la población, incremento del consumo per cápita y daños a las fuentes de dotación de agua originados principalmente por la mala gestión de las cuencas hidrográficas. Faustino (1997), concluye que, a pesar de que la cantidad de agua no varía, su calidad va disminuyendo a causa de la contaminación de las fuentes que posean este recurso, provocando estrés hídrico en casi todos los países centroamericanos, afectando en su mayoría a las ciudades capitales (Madrigal-Solís, Fonseca-Sánchez, Núñez-Solís, & Gómez-Cruz, 2014).

Medir la calidad de agua se ha vuelto muy importante a nivel mundial, debido a que es usada dentro de la gestión de los recursos hídricos, ya que se considera la pureza y grado de contaminación y se analiza desde las características físico-químicas y biológicas (Pérez et al., 2018). Además, mantener una aceptable calidad de agua evita daños en el organismo del ser humano al momento de consumirla. Por esta razón, parte del agua del mundo es potabilizada (Cáceres Páez, 2015).

El proceso de potabilización de agua comprende varios procesos, uno de ellos es la captación. Esta consiste en un conjunto de obras y servicios que hacen posible retirar el agua de las fuentes, para que posteriormente sea utilizada. Para delimitar la fuente de captación a emplear, es necesario conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra (Jiménez Terán, 2013).





Las obras de captación pueden variar de acuerdo a diferentes características: fuente de abastecimiento, localización, topografía del terreno y la cantidad de agua a extraer. Uno de los requisitos más importantes que se debe considerar para el diseño de estas, es tener una visión clara de las cosas que se necesitan para evitar la contaminación de las aguas (Jiménez Terán, 2013).

### **2.2.3 Valoración de la calidad de agua**

La valoración de la calidad del agua se efectúa por medio de indicadores de calidad y contaminación. Éstos se han realizado con el fin de evaluar los beneficios o ventajas del uso del agua para diversas actividades. Un indicador de calidad o contaminación se basa en la comparación de las concentraciones de los contaminantes con sus respectivas normativas ambientales, de modo que el índice manifiesta el número, la frecuencia y la magnitud por el cual la normativa ambiental de determinadas parámetros es o no alcanzado en un determinado periodo (Fernández, Ramírez, & Solano, 2013).

### **2.3 Índices de calidad de agua**

Los índices de calidad del agua (ICA) son una herramienta simple que evalúan el recurso hídrico en diferentes procesos decisivos de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos (Torres et al., 2009). Los ICA resumen en un valor numérico único, información necesaria sobre la calidad del agua, facilitando el manejo de datos y dando a conocer de forma sencilla y clara, la condición del agua. Al englobar una serie de datos de distintos parámetros de calidad del agua, resultan útiles o accesibles para la gestión del recurso (Pérez Castillo & Rodríguez, 2008).

En el mundo existen distintos ICA, entre ellos, el más destacado es el de la National Sanitation Foundation (ICA NSF), desarrollado por Brown *et al.* (1970) para ríos de Estados Unidos. Este ha sido empleado, validado o adoptado en varios estudios internacionales (Lozada et al., 2010).

La NSF recomienda el empleo de una ecuación de tipo multiplicativo, ya que a diferencia de la ecuación de tipo aditivo o suma ponderada, “es más sensible a valores extremos en los subíndices de calidad asociados principalmente a



variaciones fuertes en la calidad del agua” (Torres et al., 2009). La calidad del agua se puede clasificar en muy buena, buena, media, mala y muy mala en función del valor ICA-NSF. El tipo de calidad del agua se define en función de los valores de los parámetros físicos, químicos y biológicos (Heyer, Ramos, de la Garza, Rivera, & Castro, 2008).

### **2.3.1 Parámetros utilizados para el cálculo del ICA-NSF**

Los parámetros físico-químicos brindan una extensa información de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus características físicas. Estos, a diferencia de los métodos biológicos, no contribuyen con información de su influencia en la vida acuática. Por lo que muchos científicos recomiendan el uso de los dos para evaluar el recurso hídrico (Samboni Ruiz et al., 2007).

#### **2.3.1.1 Parámetros físicos-químicos**

- **Turbiedad**

La turbiedad se genera por la presencia de sólidos suspendidos en el agua que minimizan el paso de la luz (Mitchell et al. 1991). Cuando los niveles de turbidez son altos, el agua pierde la destreza de ser el hábitat de una serie de animales acuáticos. Este parámetro incrementa la temperatura y la poca cantidad de luz que entra, reduce la fotosíntesis necesaria para generar oxígeno (Mitchell et al. 1991).

Esta se puede generar por diversas causas, entre las más importantes están: la erosión natural de las cuencas, la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos y la contaminación producida por desechos domésticos o por industrias (Sierra-Ramírez, 2011).

- **Temperatura**

La temperatura es considerada como el parámetro físico más significativo del agua, ya que afecta su viscosidad y velocidad en las reacciones químicas e interviene en diversos procedimientos del tratamiento de agua (Sierra-Ramírez, 2011).



Es importante mencionar, que actualmente el agua que se proporciona a los consumidores se encuentra con la temperatura de la fuente, únicamente en ciertos procesos industriales es necesario cambiar esta temperatura (Sierra-Ramírez, 2011).

Las descargas de aguas a temperaturas altas pueden provocar daños tanto a la fauna como a la flora de las aguas receptoras, provocando una afección a la reproducción de especies, aumentando el desarrollo de bacterias, además de cuerpos no autóctonos (Vereda-Chorrillo, 2008).

- **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es considerado como la cantidad de oxígeno libre en el agua necesario para mantener vivas las bacterias. El principal problema que se asocia al incremento de este parámetro son los sólidos totales, ya que al ocasionar turbiedad en el agua, además de provocar una reducción en el paso de luz solar a través del agua, impide o disminuye la actividad fotosintética de los organismos acuáticos, de gran importancia para la producción de oxígeno disuelto (Perez-Osorio, Arriola-Morales, Garcia-Lucero, Saldana-Blanco, & Mendoza-Hernandez, 2016).

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Este parámetro indica las concentraciones de iones de hidrógeno en el agua. La variación de este altera la vida acuática (Mitchell et al. 1991). Para la proliferación y desarrollo de esta, el intervalo apropiado para muchos de los animales acuáticos oscila entre 6.5 a 8.0, o de lo contrario la diversidad de estos animales se reduce ya sea por estrés fisiológico o por problemas en la reproducción (Vereda-Chorrillo, 2008).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 días)**

La DBO es la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación aeróbica biológica de los sólidos orgánicos del agua. Este parámetro es usado para conocer la cantidad de materia orgánica en una muestra de agua (Sierra-Ramírez, 2011).

Este no es constante en las aguas superficiales, por lo que va a depender de las fuentes de contaminación aguas arriba.

Esta prueba se incubaba por cinco días en el laboratorio, para posteriormente medir el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, estos resultados se expresan en mg/L (Sierra-Ramírez, 2011).

- **Fosfato total**

Este parámetro incluye al fosfato orgánico e inorgánico. El aumento de este produce la eutrofización, (Mitchell et al. 1991), incrementando los procesos aeróbicos de bacterias que consumen oxígeno en grandes cantidades y perturbando a la vida acuática en general.

- **Nitratos**

La presencia de nitratos se puede dar por el descontrolado uso de fertilizantes o por la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos en las aguas superficiales o subterráneas. Generalmente la concentración de nitratos tanto en aguas superficiales como subterráneas suele ser baja, pero puede alcanzar una alta filtración o escorrentía de tierras agrícolas o contaminación por residuos humanos o animales, como resultado de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (Sandoval-Moreno & Ochoa-Ocaña, 2010).

- **Sólidos totales**

Los sólidos totales (ST) pueden definirse como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105 °C (Perez-Osorio et al., 2016). En pocas palabras Sierra-Ramírez (2011) lo define como “todo aquello presente en la muestra, excepto agua”. Los ST incluyen tanto a los disueltos como a los suspendidos. Dentro de los materiales disueltos e inorgánicos se encuentra el calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato, entre otros. Estos materiales, dentro del límite son esenciales para el desarrollo adecuado de la vida acuática (Perez-Osorio et al., 2016).

Generalmente, los ST son empleados para establecer la calidad de agua para fines antropogénicos. Estos pueden afectar negativamente a la calidad del agua



o al suministro de varias maneras, ya sea su consumo para beber o para consumo industrial entre otros, siendo tomadas de aguas naturales (Perez-Osorio et al., 2016).

### **2.3.1.2 Parámetros microbiológicos**

- **Coliformes fecales**

Los coliformes fecales son indicadores de la posible contaminación con material fecal, ya que estos usualmente habitan en el tracto digestivo de animales y humanos; además, se pueden encontrar en otros ambientes. Su presencia puede constituir también una alerta de la posible contaminación con microorganismos más patógenos como *Salmonella* y el *Vibrio cholerae* que son transmitidos por el agua (Baccaro et al., 2006). Se considera a la *Escherichia coli*, como indicador principal de contaminación fecal (Water Sanitation Health, 2008).

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la microcuenca del río Alcacay, en la Subcuenca del río Santa Bárbara, ubicado en el cantón Sígsig perteneciente a la provincia del Azuay, cuenta con una superficie de 829,59 ha. Se encuentra ubicada al este del cantón Sígsig, entre 2829 – 3911 m s. n. m. Dentro del territorio de la microcuenca encontramos a las comunidades de: Callancay, Curín, Dacte, Portul, Pueblo Viejo y Rerón. Los centros poblados están fuera de la delimitación de la microcuenca. Sin embargo, influyen en la misma. El principal afluente de esta microcuenca es la quebrada de Allaczela.

En esta zona de estudio se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, así también la visualización de la zona para poder identificar las posibles medidas de prevención, control o mitigación de impactos.

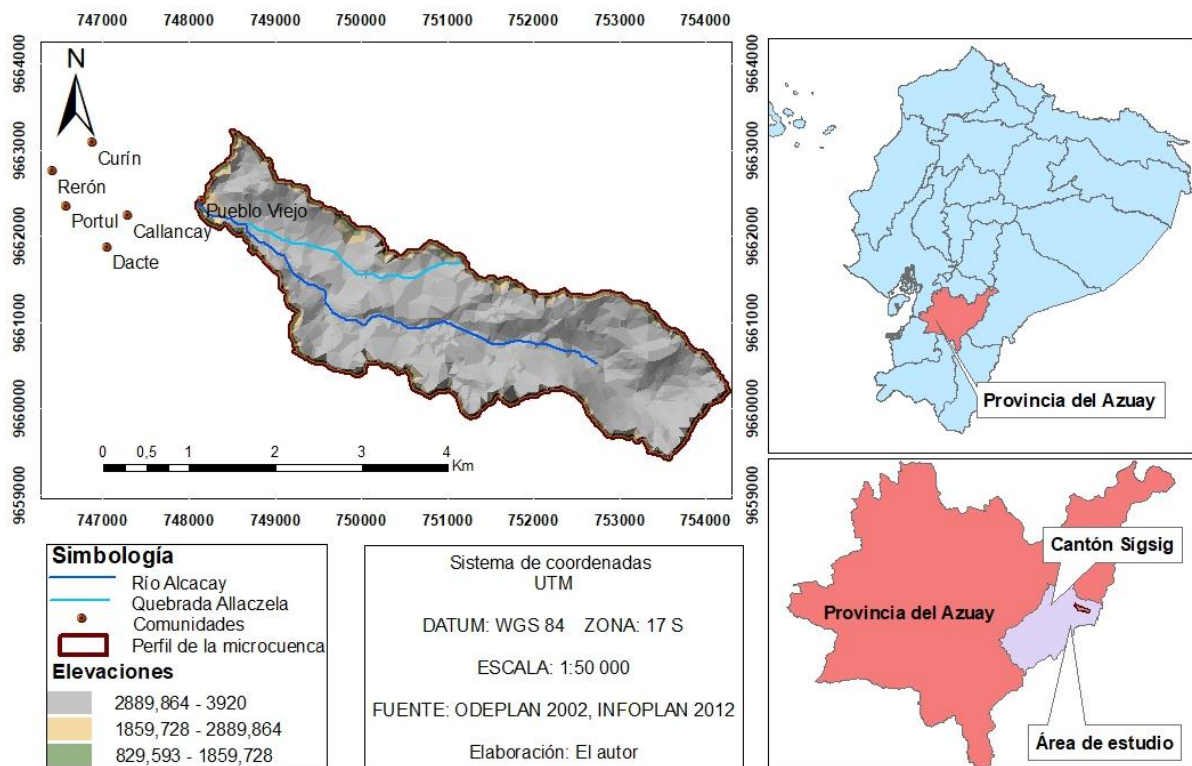
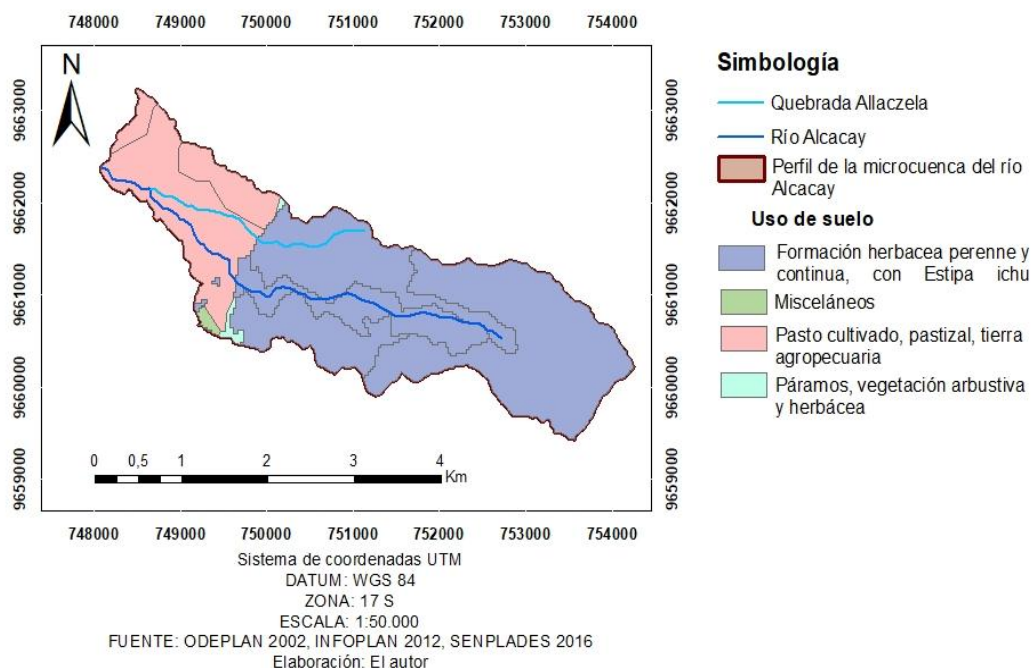


Ilustración 1. Área de estudio

### 3.2 Identificación de los puntos de monitoreo

*Ilustración 2. Uso de suelo*



Los puntos de monitoreo se identificaron en base a las condiciones de la microcuenca, considerando únicamente su uso de suelo puesto que la actividad antrópica es la causa más importante en el aumento de la contaminación del agua. Como se puede verificar en la ilustración 2.

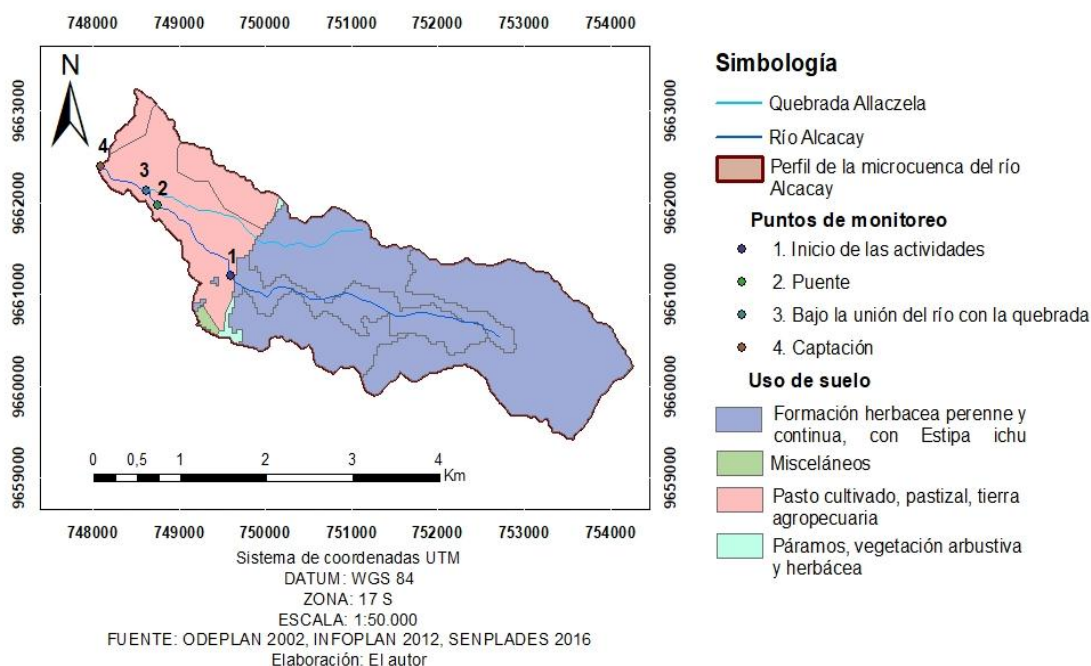


Los puntos fueron considerados en la zona en donde existe pasto cultivado, pastizales y sobre todo actividades agropecuarias, considerando que la ganadería se da en mayor proporción que la agricultura. Es importante mencionar, que en las partes altas de la microcuenca aún se conserva la vegetación y no existe actividad antrópica. Para el monitoreo de la calidad de agua se ubicó cuatro puntos (Ilustración 3):

1. **Inicio de las actividades antrópicas:** este punto es el que más se aproxima al nacimiento del río Alcacay, ubicado a 3197 m. En esta zona termina la vegetación nativa e inician las actividades antrópicas.
2. **Puente:** sitio en donde el río aún no se une con la quebrada, dicho punto está ubicado a 1137 m del punto 1, en donde existe mayor proporción de vegetación de ribera.
3. **Bajo la unión de la quebrada Allaczela con el río Alcacay:** se consideró este punto puesto que la quebrada también se ve afectada por la actividad ganadera, además cabe mencionar que esta no cuenta con vegetación de ribera lo cual involucra una variación de las propiedades del agua. Este punto está ubicado a 214,59 m del punto 2.
4. **En la captación de agua potable:** este punto es uno de los más importantes en el estudio puesto se capta el líquido vital para la distribución de agua potable del cantón Sígig. Está ubicado a una distancia aproximada de 587,65 m del punto 3.

La distancia desde el nacimiento de la microcuenca del río Alcacay hasta la zona de captación es de 4994 m. El análisis se realizó entre el punto 1 y el 4 aproximadamente a una distancia de 1940,08 m (1,9 km), una longitud conveniente para realizar el estudio.





*Ilustración 3. Puntos de monitoreo*

Las coordenadas obtenidas de estos puntos fueron las siguientes:

*Tabla 1. Coordenadas de los puntos de monitoreo*

Puntos	Sistema de coordenadas UTM Datum: WGS 84 Zona: 17 S	
	X	Y
1	749613	9661193
2	748795	9661974
3	748616	9662146
4	748090	9662289

*Elaboración: El autor*

### 3.3 Obtención de información primaria y secundaria

Esta información fue levantada para conocer el contexto social y ambiental de la zona. Es decir, las actividades a las que se dedican, el motivo por el que lo hacen, la basura que generan, la vegetación predominante y la disposición de las comunidades para el cuidado de la microcuenca. Estos puntos ayudarán a entender



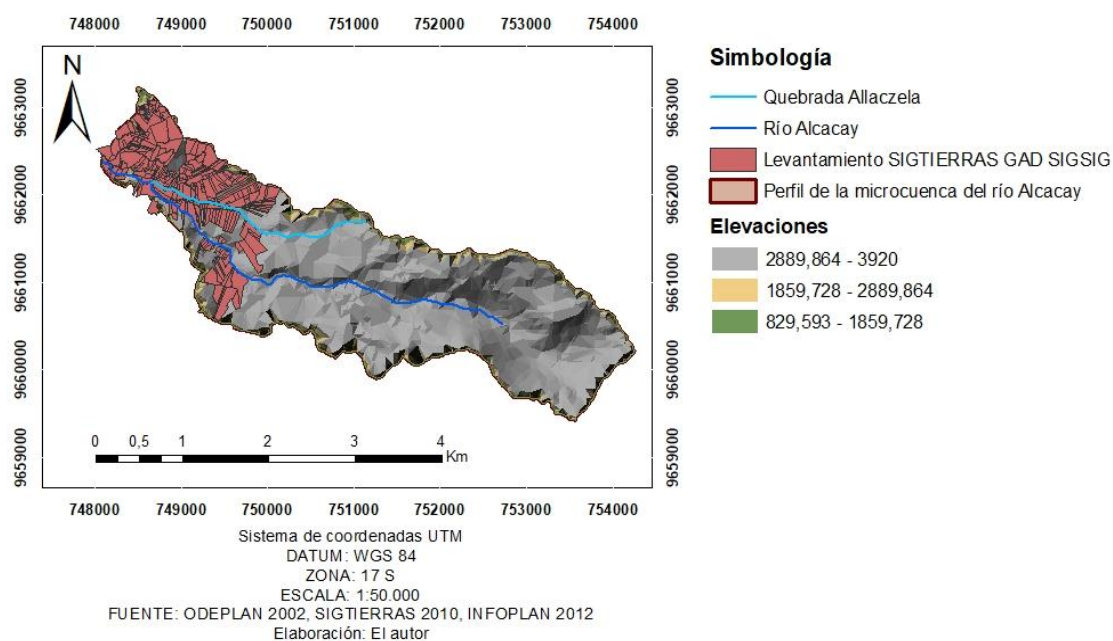
cómo funciona la dinámica agropecuaria y los posibles impactos que se pueden ocasionar.

Para esto, se tomaron las siguientes consideraciones. Se realizaron encuestas a la población de la zona para corroborar las variables observadas que pueden influir en la calidad del agua (Anexo 2) y se verificó la zona afectada por la ganadería.

### **3.3.1 Cálculo del tamaño de la población encuestada**

Para el cálculo del tamaño de la muestra se solicitó información al departamento de Avalúos y Catastros del Gad Municipal de Sígsig, con el fin de conocer los propietarios de los predios correspondientes a la zona de estudio. Para lo cual fue necesario facilitarles el mapa de la cuenca en digital. La información dada por dicho departamento fue el levantamiento de los predios de la zona rural involucrada, como se puede verificar en la ilustración 4.

*Ilustración 4 . Predios donde están ubicados los puntos de muestreo*



De la información obtenida se verificó que existen 329 propietarios de los predios, sin considerar los predios pertenecientes a la Comuna San Sebastián.

El tamaño de la muestra se obtuvo mediante un muestreo aleatorio simple, considerando a la población como una distribución normal, por lo que a todos los elementos se le puede otorgar una misma posibilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra (Kleeberg-Hidalgo & Ramos-Ramírez, 2009).

La fórmula que se utilizó para estimar la población encuestada es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

- $N$  es el tamaño de la muestra
- $Z$  es el nivel de confianza
- $d$  es el error
- $p$  es el nivel de éxito
- $q$  es el nivel de fracaso

### **3.3.2 Verificación de la extensión de terreno afectado por la ganadería**

Para conocer la zona afectada por esta actividad se solicitó a la Unidad de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Sígig la información levantada de esta microcuenca. Para ello, se identificaron los ecosistemas correspondientes a esta, para posteriormente verificar si uno de estos está intervenido o no por la actividad ganadera.

### **3.4 Muestreo**

Para el muestreo se consideraron parámetros físico-químicos y microbiológicos. Además, se tomaron valores de presión atmosférica, temperatura y altitud. Los resultados de los monitoreos se compararon con la normativa (TULSMA) para ver el cumplimiento de estos parámetros.

Para realizar los monitoreos previstos se consideró principalmente la precipitación. Este criterio fue evaluado considerando que, al existir escorrentía y filtración, el estiércol del ganado afecta al río alterando de alguna manera sus propiedades. Sin embargo, se consideró un mes de la época seca, para ver la variación de los parámetros entre estaciones.

El monitoreo se realizó durante un periodo de tres meses: septiembre (época seca), octubre y noviembre (época lluviosa) (Tabla 2). Esta información fue revisada en el Plan de manejo de la microcuenca río Alcacay, además de corroborar estos datos con los anuarios del INHAMI de los últimos 15 años, como se indica en el Anexo 3.



Las muestras fueron tomadas en el río Alcacay, dos kilómetros aguas arriba desde la captación de agua potable, en los cuatro puntos identificados.

Tabla 2. Precipitación de los meses seleccionados para el muestreo

		Precipitación (mm)	Fechas del monitoreo
Meses del Muestreo	Septiembre	44,38	13/9/2018
	Octubre	56,60	12/10/2018
	Noviembre	121,12	13/10/2018

*Elaboración: El autor*

### 3.4.1 Métodos y técnicas

El primer muestreo se realizó en el mes de septiembre (época seca). Para la toma de muestras se contó con el equipo proporcionado por el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca en el cual se realizaron los respectivos análisis.

El procedimiento utilizado para la toma y preservación de las muestras se realizó en torno a lo que menciona Sierra en su libro “Calidad de agua: Evaluación y Diagnóstico” y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226, 2176, 2169.

Los parámetros que se midieron in situ fue la temperatura y el oxígeno disuelto. El multiparámetro fue el equipo usado para dichos cálculos. Este se prendió 10 minutos antes para que se estabilice. Posteriormente se calibró el equipo y se colocó los datos correspondientes a la altitud en pies. El oxígeno disuelto se midió en miligramos por litro y en % de saturación y la temperatura del agua en °C.

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio fueron turbiedad, nitratos, fósforo total, sólidos totales, y pH. Para ello se tomó una muestra compuesta, la cual consistió en recoger diferentes volúmenes a lo ancho del río en un recipiente de 1 galón. En el caso de la DBO, se recogió la muestra en los frascos WHEATON, se homogenizó y se verificó que no exista aire. Finalmente, para los análisis de los coliformes fecales se usaron recipientes de vidrio esterilizados.

En la siguiente tabla se detallan los métodos utilizados para la medición de los parámetros:

Tabla 3. Métodos empleados para la medición de los parámetros

Parámetro	Unidades	Método
Temperatura	°C	Multiparámetro (55-12FT YSI)
Oxígeno disuelto	% saturación	Multiparámetro (55-12FT YSI)
Turbiedad	NTU, FTU	Método nefelométrico (turbidímetro / colorímetro)
Nitratos	mg/l	Método espectrofotométrico del salicilato de sodio
Fósforo total	mg/l	Método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico
Sólidos totales	mg/l	Método gravimétrico
pH		Método potenciométrico (electrodos de pH)
Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	mg/l	Método de dilución
Coliformes fecales	NMP/100ml	Método del NMP/100 ml (tubos múltiples)

*Fuente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria*

El procedimiento mencionado se utilizó en los tres monitoreos para cada uno de los puntos determinados.

Para la preservación de las muestras se utilizó un Cooler hasta la entrega de estas al Laboratorio.

Además, en cada uno de los puntos se tomaron datos de variación altitudinal y presión atmosférica con el Magellan Triton GPS. Este equipo cuenta con un barómetro y altímetro. La temperatura fue medida con la aplicación Tiempo en Vivo- Pronóstico versión 5.15, la cual proporciona sensaciones animaciones que reflejan las actuales condiciones meteorológicas del lugar en el que se encuentra además de corroborar estos datos con la página web [meteored.com.ec](http://meteored.com.ec)

Aproximadamente el recorrido por los cuatro puntos de monitoreo fue de 6 horas.

### 3.4.2 Comparación con la normativa

Al ser el agua de la microcuenca del río Alcacay designada y utilizada para la dotación de agua potable del centro cantonal de Sígig, se compararon los resultados obtenidos en los diferentes muestreos con los límites máximos permisibles establecidos en el Anexo 1 del libro VI del TULSMA: tabla 1 “Límites

máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional” para la verificación del cumplimiento de estos parámetros. Es importante mencionar que en la categoría mencionada al no tener una importancia significativa tanto los sólidos totales como el fósforo total, no se consideran en la tabla de la normativa. Por lo cual, se compararon siete parámetros de los nueve analizados por el ICA-NSF, siendo estos, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, pH, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales.

### 3.5 Aplicación del ICA-NSF multiplicativo

Para la obtención del índice de calidad de agua (ICA), se analizaron los siguientes parámetros:

- Porcentaje de saturación de oxígeno
- Coliformes fecales
- pH
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Nitratos
- Fosfatos
- Temperatura
- Turbiedad
- Sólidos totales

Para el cálculo del ICA se utilizó el NSFm (núcleo multiplicativo) en lugar del NSFa (núcleo aditivo), ya que el NSFa puede originar eclipsamiento pues el valor del índice global es satisfactorio mientras que el valor del subíndice no lo es. Es por esta razón que Brown et al., (1973) planteó el NSFm, debido a que es más sensible a valores extremos en los subíndices de calidad. (Pérez et al., 2018)

Para determinar el ICA NSFm, se asignan factores de ponderación a cada uno de los parámetros evaluados. La fórmula aplicada es:

$$ICA_{NSFm} = \prod_{i=1}^{n=9} Q_i^{w_i} \quad (2)$$



En donde:

- $W_i$  es el factor de importancia o ponderación del parámetro  $i$  con relación a los parámetros que conforman el índice
- $Q_i$  corresponde al factor de escala de la misma, el cual depende de la magnitud en sí del parámetro, por lo tanto, es independiente de los otros parámetros

En la tabla 4 se indican los pesos asignados a cada parámetro:

Tabla 4. Factores de ponderación propuestos por Brown

Parámetro	Factor $W_i$
% Saturación de oxígeno	0,17
Coliformes Fecales	0,16
PH	0,11
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11
Nitratos	0,1
Fosfatos	0,1
Temperatura	0,1
Turbiedad	0,08
Sólidos Totales	0,07

**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

El ajuste de curvas para la determinación de los factores de escala de los subíndices ( $Q_i$ ) se realizó por medio de las fórmulas revisadas en el estudio Análisis Comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial realizado por Jiménez & Vélez (2006). Las gráficas correspondientes a estas curvas se pueden ver en el Anexo 1.

- % de saturación de oxígeno

$$\begin{aligned} Q_{OD} = & 3,1615 \times 10^{-8}(\text{OD}\%)^5 - 1,0304 \times 10^{-5}(\text{OD}\%)^4 + 1,0076 \\ & \times 10^{-3}(\text{OD}\%)^3 - 2,7883 \times 10^{-2}(\text{OD}\%)^2 + 8,4068 \times 10^{-1}(\text{OD}\%) \\ & - 1,6120 \times 10^{-1} \end{aligned} \quad (3)$$

- Coliformes fecales

$$1 \leq CF \leq 10$$

$$Q_{CF} = -10,12 \ln(CF) + 95,896 \quad (4)$$

$$10 < CF \leq 100$$

$$Q_{CF} = 111,86CF - 0,194 \quad (5)$$

$$100 < CF \leq 1000$$

$$Q_{CF} = -10,34 \ln CF + 92,777 \quad (6)$$

- pH

$$pH \leq 7,5$$

$$Q_{pH} = -0.1789(pH)^5 + 3,7932(pH)^4 - 30,517(pH)^3 + 119,75(pH)^2 - 224,58(pH) + 159,46 \quad (7)$$

$$pH > 7,5$$

$$Q_{pH} = -1,11429 \times (pH)^4 + 44,50952(pH)^3 - 656,60000(pH)^2 + 4215,34762(pH) - 9840,14286 \quad (8)$$

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

$$Q_{DBO} = 1,8677 \times 10^{-4}(DBO)^4 - 1,6615 \times 10^{-2}(DBO)^3 + 5,9636 \times 10^{-1}(DBO)^2 - 1,1152 \times 10^1(DBO) + 1,0019 \times 10^2 \quad (9)$$

- Nitratos

$$Q_{Nitra} = 3,5603 \times 10^{-9}(N)^6 - 1,2183 \times 10^{-6}(N)^5 + 1,6238 \times 10^{-4}(N)^4 - 1,0693 \times 10^{-2}(N)^3 + 3,7304 \times 10^{-1}(N)^2 - 7,5210(N) + 1,0095 \times 10^2 \quad (10)$$

- Fosfatos

$$Q_p = 4,67320 \times 10^{-3}(P)^6 - 1,61670 \times 10^{-1}(P)^5 + 2,20595(P)^4 - 1,50504 \times 10^1(P)^3 + 5,38893 \times 10^1(P)^2 - 9,98933(P) + 9,9831 \times 10^1 \quad (11)$$

- Temperatura

$$Q_{\Delta T} = 1,9619 \times 10^{-6}(\Delta T)^6 - 1,3964 \times 10^{-4}(\Delta T)^5 + 2,5908 \times 10^{-3}(\Delta T)^4 + 1,5398 \times 10^{-2}(\Delta T)^3 - 6,7952 \times 10^{-1}(\Delta T)^2 - 6,7204 \times 10^{-1}(\Delta T) + 9,0392 \times 10^1 \quad (12)$$

- Turbiedad

$$Q_T = 1,8939 \times 10^{-6}(T)^4 - 4,9942 \times 10^{-4}(T)^3 + 4,9181 \times 10^{-2}(\Delta T)^2 - 2,6284(T) + 9,8098 \times 10^1 \quad (13)$$

- Sólidos totales

$$Q_{ST} = -4,4289 \times 10^{-9}(ST)^4 - 4,650 \times 10^{-6}(ST)^3 - 1,9591 \times 10^{-3}(ST)^2 + 1,8973 \times 10^{-1}(ST) + 8,0608 \times 10^1 \quad (14)$$

El ICA-NSF clasifica la calidad del agua en diferentes categorías, esto se detalla en la tabla 5.

Tabla 5. Escala de clasificación de la calidad de agua del ICA-NSF

Valor del índice	Clasificación	Escala de color
0-25	Calidad muy mala (MM)	AZUL
26-50	Calidad mala (M)	VERDE
51-70	Calidad media (R)	AMARILLO
71-90	Calidad buena (B)	NARANJA
91-100	Calidad excelente (E)	ROJO

Fuente: Jiménez & Vélez, 2006

### 3.5.1 Análisis estadístico

Una vez obtenidos los Índices de Calidad en los diferentes puntos, con los datos de presión atmosférica, temperatura y altitud se realizó un análisis estadístico utilizando una herramienta de procesamiento de datos y análisis conocido como SPSS, en el cual fueron ingresados los valores de las variables de los diferentes puntos de sus respectivos monitoreos. En este se realizó un análisis de correlación y regresión lineal de las variables mencionadas con el fin de evaluar si estas están relacionadas o no con el índice de calidad de agua.



La correlación de Pearson y la regresión lineal simple son técnicas estadísticas que ayudan a conocer la relación entre dos variables cuantitativas: una dependiente y una independiente (Laguna, 2014). En este caso la variable dependiente es el índice de calidad de cada punto y las variables independientes son: presión atmosférica, temperatura y altitud. Este análisis es útil para conocer si estas variables pueden o no incidir en el ICA.

En base a los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, el cual “evalúa el grado de covariación entre diferentes variables cuantitativas relacionadas linealmente” (Laguna, 2014). Este coeficiente esta dado entre -1 a +1, en donde el signo coincide con la pendiente de la recta de regresión y su magnitud indica el grado de dependencia lineal entre las variables. Por lo tanto, mientras el valor se acerque más a 1 la correlación es perfecta. Por el contrario, mientras el valor se aleje más a 1 la correlación es débil o a su vez, no existe una correlación (Tabla 6).

*Tabla 6. Escala de interpretación*

Correlación negativa perfecta	<b>-1</b>
Correlación negativa fuerte moderada	<b>&gt;-0,510</b>
Correlación negativa débil	<b>-0.26-0,50</b>
Correlación baja o nula	<b>0-0,25</b>
Correlación positiva débil	<b>0,26-0,50</b>
Correlación positiva moderada fuerte	<b>&gt;+0,51</b>
Correlación positiva perfecta	<b>+1</b>

**Fuente:** (Martínez Ortega, Tuya Pendás, Martínez Ortega, Pérez Abreu, & Cánovas, 2009)



## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis de los resultados de las encuestas

El número de encuestas realizadas fue de 177, el cálculo fue hecho a partir de la ecuación 1. Para ello se consideró un nivel de confianza (Z) de 95 % y un error(d) de un 5%, siendo sus factores respectivamente 1,96 y 0,05 Además se considera el nivel de éxito (0,5) y el nivel de fracaso (0,5), para que la muestra sea estadísticamente significativa. El tamaño de la muestra (N) es de 329, debido a que representa el número de dueños de los terrenos involucrados directamente con la zona de estudio. El formato de la encuesta se encuentra en el Anexo 2.

Las personas de las comunidades que forman parte del territorio de la microcuenca, se dedican a la actividad agropecuaria generalmente por los ingresos económicos que obtienen. Sin embargo, existen una pequeña cantidad de productores que lo hacen con otros fines. Es importante considerar también que una proporción considerable de los productos son para autoconsumo de la familia.

La principal actividad productiva que se observó fue la ganadería, asociada en algunas ocasiones a la crianza de animales menores como chanchos, cuyes o borregos. Sin embargo, los cultivos también son importantes en estas comunidades. En la mayoría de los casos los pobladores de la zona cuentan con huertos de hortalizas y una minoría cultivan el maíz y frutas como la mora.

Los agricultores por lo general no utilizan fertilizantes químicos en sus cultivos, ya que suelen usar abonos orgánicos. Pocos agricultores los usan para cultivos como el maíz. Generalmente, la productividad se mantiene constante. En algunos casos puede verse afectada por las condiciones climáticas, pues la época de estiaje afecta a los cultivos.

En la zona los agricultores han recibido asistencia técnica agropecuaria en pocas ocasiones por instituciones como el MAGAP, el GAD Municipal de Sígsig y Richarina. Por lo cual, tampoco se han realizado análisis de suelos. La actividad agropecuaria se realiza en base a sus conocimientos ancestrales.



Con respecto al ganado generalmente se alimenta con pasto. A veces los agricultores les dan sal y dulce, así como cebada, calcha y cema. En pocas ocasiones les suelen suministrar vitaminas. El estiércol generado por estos, usualmente se deja como abono para el potrero. Una mínima cantidad es destinada como abono para sus huertos o biol.

En cuanto a los sólidos, se generan residuos orgánicos, plástico y papel. Usualmente la mayoría de los residuos orgánicos son utilizados en huertos como abono o alimentación para los animales menores, mientras que el plástico y el papel generalmente los queman. En pocas ocasiones estos residuos son llevados por el recolector.

Dentro de la vegetación nativa de la zona, se tienen árboles de chicamilla, cascarilla, gañal, palo blanco, laurel, helecho arbóreo entre otros. Además de variedad de arbustos como llashipa, valeriana, shanshi, suro, chuquiragua, manzano, joyapa, y alverjilla (Pulla Samaniego, 2012).

El pino y el eucalipto son especies introducidas, por lo que los agricultores los mencionaron frecuentemente. El aliso también es un árbol introducido en algunas partes de la zona, debido a que las características de sus hojas ayudan a abonar el suelo. Sin embargo, en pocas ocasiones los agricultores mencionan árboles de tomate, manzana, duco, cáñaro, laurel y ciprés. En la zona no se han desarrollado proyectos de reforestación hace más de 15 años. Las áreas de cultivo, generalmente no han sido ampliadas, por lo cual los agricultores no han talado vegetación nativa de la zona. Sin embargo, algunas personas suelen hacerlo, ya sea para sus cultivos o para ampliar su área de potrero.

En su mayoría, la disposición de las personas para mejorar sus prácticas ambientales es muy favorable. Debido a que están dispuestas a reducir la contaminación del agua para ayudar al medio ambiente, ya que se obtienen beneficios para su comunidad y mejoran su salud. Sin embargo, algunos no estarían dispuestos ya que creen que se podrían reducir sus áreas agropecuarias.

Con lo expuesto anteriormente se puede deducir que la actividad agropecuaria influye en la calidad del agua. Entre ellas la ganadera en mayor porcentaje. Esto se pudo observar en las diferentes visitas y en los resultados obtenidos. Debido a que,



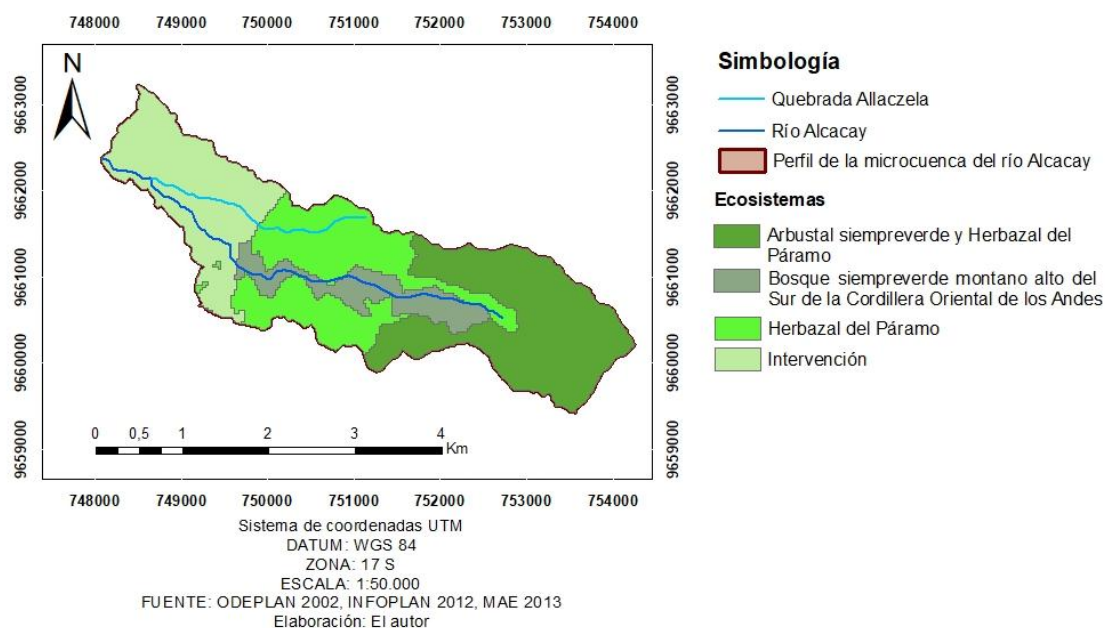
al tener ganado en zonas cercanas al río, el estiércol generado por este no es reutilizado sino dejado en el mismo suelo como abono. Con respecto a la agricultura, se genera en poca proporción en relación a la ganadera. Sin embargo, afecta la calidad de agua por erosión y residuos agroquímicos.

Además, es importante mencionar, que en algunas ocasiones los agricultores intervienen en las zonas con especies nativas reduciendo estas para ampliar la frontera agrícola.

#### **4.1.2 Análisis del terreno afectado por la ganadería**

Se identificaron tres ecosistemas:

- Arbustal siempre verde y herbazal del páramo: posee un área de 289,42 ha, se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca, aproximadamente a 3.911 m s. n. m.
- Bosque siempre verde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes: cuenta con una superficie de 89,1 ha, se encuentra ubicado en la ribera desde el nacimiento del río Alcacay casi hasta el primer punto de monitoreo, aproximadamente 2950 m del río Alcacay. Su altitud esta entre 3.174 - 3.476 m s. n. m.
- Herbazal del páramo: este ecosistema rodea al bosque siempre verde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, cuenta con una superficie de 233,71 ha y aproximadamente se encuentra entre 3.174 - 3.476 m s. n. m.
- Intervención: Cubre una superficie de 217,37 ha, y se encuentra entre 2.618 - 3.174 m s. n. m.



*Ilustración 5. Zona afectada por la actividad agropecuaria*

Como se puede verificar en la Ilustración 5, para la zona intervenida no se define un ecosistema específico debido a que inician las actividades antrópicas. Por lo que claramente, se puede deducir que esta es la extensión de terreno afectada, con una superficie de 217,37 ha. Aunque no es posible conocer específicamente la distancia de la zona ganadera al río debido a que esta varía desde el primero al último punto.

## 4.2 Resultados del muestreo

Las tablas 7, 8 y 9 indican los valores de los análisis de laboratorio de Ingeniería Sanitaria de los diferentes monitoreos, además de los valores de presión atmosférica, temperatura y altitud. Los datos de la variable altitud se mencionaron únicamente en la tabla 7, ya que estos valores no varían en los diferentes monitoreos.

*Tabla 7. Resumen de los resultados de los análisis de laboratorio y de los datos meteorológicos del primer monitoreo (13/09/2018)*

Parámetros físicos					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Unidad
Temperatura	7,4	8,3	8,8	9,8	°C
Oxígeno Disuelto	49,18	55,21	58,47	65,11	% saturación
Turbiedad	1,2	1,06	1,17	2	NTU, FTU
Conductividad	27,2	40,1	40	42,7	microsiemens/cm
Parámetros químicos					





<b>pH</b>	7,6	7,5	7,6	7,7	
<b>P. Ortofosfatos totales (como fósforo)</b>	2,74	0,9	2,95	3,1	mg/l
<b>N. Nitratos</b>	0,146	0,139	0,139	0,129	mg/l
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	0,13	0,16	0,14	0,17	mg/l
<b>Sólidos totales</b>	38,13	56,74	55,60	62,29	mg/l
<b>Parámetros biológicos</b>					
<b>Coliformes totales</b>	17	33	22	220	NMP/100ml
<b>E. Coli</b>	7,8	7,8	13	130	NMP/100ml
<b>Variables meteorológicas</b>					
<b>Altitud</b>	3089	2941	2929	2825	m
<b>Presión</b>	615	541	543	547	mm Hg
<b>Temperatura</b>	15	16	16	16	°C

*Fuente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria*

Tabla 8. Resumen de los resultados de los análisis de laboratorio y de los datos meteorológicos del segundo monitoreo (18/10/2018)

<b>Parámetros físicos</b>					
	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>Punto 4</b>	<b>Unidad</b>
<b>Temperatura</b>	9,1	10	10,4	10,4	°C
<b>Oxígeno Disuelto</b>	56,7	68,7	69,1	69,1	mg/l
<b>Turbiedad</b>	0,619	0,847	1,18	0,9	NTU, FTU
<b>Conductividad</b>	25,7	43,8	45,2	48	microsiemens/cm
<b>Parámetros químicos</b>					
<b>pH</b>	7,6	7,6	7,7	7,7	
<b>P. Ortofosfatos totales (como fósforo)</b>	0,29	0,06	0,12	0,37	mg/l
<b>N. Nitratos</b>	0,115	0,111	0,104	0,101	mg/l
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	0,21	0,26	0,2	0,27	mg/l
<b>Sólidos totales</b>	36,08	61,79	63,70	67,52	mg/l
<b>Parámetros biológicos</b>					
<b>Coliformes totales</b>	220	220	220	280	NMP/100ml
<b>E. Coli</b>	4	33	79	46	NMP/100ml
<b>Variables meteorológicas</b>					
<b>Presión</b>	532	611	616	547	mm Hg
<b>Temperatura</b>	22	24	26	26	°C

*Fuente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria*

Tabla 9. Resumen de los resultados de los análisis de laboratorio y de los datos meteorológicos del tercer monitoreo (21/11/2018)

Parámetros físicos					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Unidad
Temperatura	9,3	10,2	11,1	12	°C
Oxígeno Disuelto	70,9	67,5	75,5	77,8	mg/l
Turbiedad	2,62	2,1	1,96	3,7	NTU, FTU
Conductividad	22,5	19,6	20,2	15,3	microsiemens/cm
Parámetros químicos					
pH	7,4	7,4	7,3	7,2	
P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	2,47	0,59	0,23	0,38	mg/l
N. Nitratos	0,073	0,067	0,105	0,063	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	0,33	0,36	0,22	0,29	mg/l
Sólidos totales	39	12	20,00	22,00	mg/l
Parámetros biológicos					
Coliformes totales	170	220	280	920	NMP/100ml
E. Coli	7,8	17	33	33	NMP/100ml
Variables meteorológicas					
Presión	533	542	543	547	mm Hg
Temperatura	18	19	20	20	°C

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria

#### 4.2.1 Resultados del cumplimiento con la normativa

En las tablas 10, 11 y 12 se indica el cumplimiento de los parámetros con la normativa establecida (TULSMA). El parámetro que no está dentro de los límites máximos permisibles en todos los monitoreos realizados es el oxígeno disuelto. Además, se observa el incumplimiento de los coliformes fecales en el último punto del tercer monitoreo. Sin embargo, en los otros casos y para los otros parámetros los valores están dentro del rango que la normativa exige.

Tabla 10. Verificación del cumplimiento de los parámetros con la normativa (Primer monitoreo)

	Parámetro	Valor registrado	Límite máximo permisible	Unidades	Cumplimiento
PUNTO 1	Temperatura	7,4	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	49,18	≥80	%	No cumple



				saturación	
	Turbiedad	1,2	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,6	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,146	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,13	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	17	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 2</b>	Temperatura	8,3	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	55,21	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	1,06	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,5	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,139	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,16	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	33	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 3</b>	Temperatura	8,8	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	58,47	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	1,17	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,6	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,139	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,14	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	22	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 4</b>	Temperatura	9,8	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	65,11	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	2	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,7	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,129	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,17	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	220	600	NMP/100ml	Cumple

*Fuente: TULSMA, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria*



	Parámetro	Valor registrado	Límite máximo permisible	Unidades	Cumplimiento
<b>PUNTO 1</b>	Temperatura	9,1	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	56,7	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	0,619	100	NTU	Cumple
	pH	7,6	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,115	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,21	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	220	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 2</b>	Temperatura	10	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	68,7	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	0,847	100	NTU	Cumple
	pH	7,6	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,111	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,26	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	220	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 3</b>	Temperatura	10,4	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	69,1	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	1,18	100	NTU	Cumple
	pH	7,7	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,104	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,2	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	220	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 4</b>	Temperatura	10,4	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	69,1	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	0,9	10	NTU	Cumple
	pH	7,7	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,101	10	mg/l	Cumple



	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,27	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	280	600	NMP/100ml	Cumple

Tabla 11. Verificación del cumplimiento de los parámetros con la normativa (Segundo monitoreo)

**Fuente:** TULSMA, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria

Tabla 12. Verificación del cumplimiento de los parámetros con la normativa (Tercer monitoreo)

	Parámetro	Valor registrado	Límite máximo permisible	Unidades	Cumplimiento
<b>PUNTO 1</b>	Temperatura	9,3	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	70,9	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	2,62	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,4	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,073	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,33	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	170	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 2</b>	Temperatura	10,2	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	67,5	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	2,1	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,4	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,067	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,36	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	220	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 3</b>	Temperatura	11,1	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	75,5	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	1,96	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,3	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,105	10	mg/l	Cumple
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ))	0,22	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	280	600	NMP/100ml	Cumple
<b>PUNTO 4</b>	Temperatura	12	Condición natural + o - 3	°C	Cumple
	Oxígeno Disuelto	77,8	≥80	% saturación	No cumple
	Turbiedad	3,7	100	NTU, FTU	Cumple
	pH	7,2	6-9		Cumple
	N. Nitratos	0,063	10	mg/l	Cumple



	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,29	2	mg/l	Cumple
	Coliformes fecales	920	600	NMP/100ml	No cumple

*Fuente: TULSMA, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria*

### 4.3 Análisis de los resultados obtenidos en el ICA-NSF

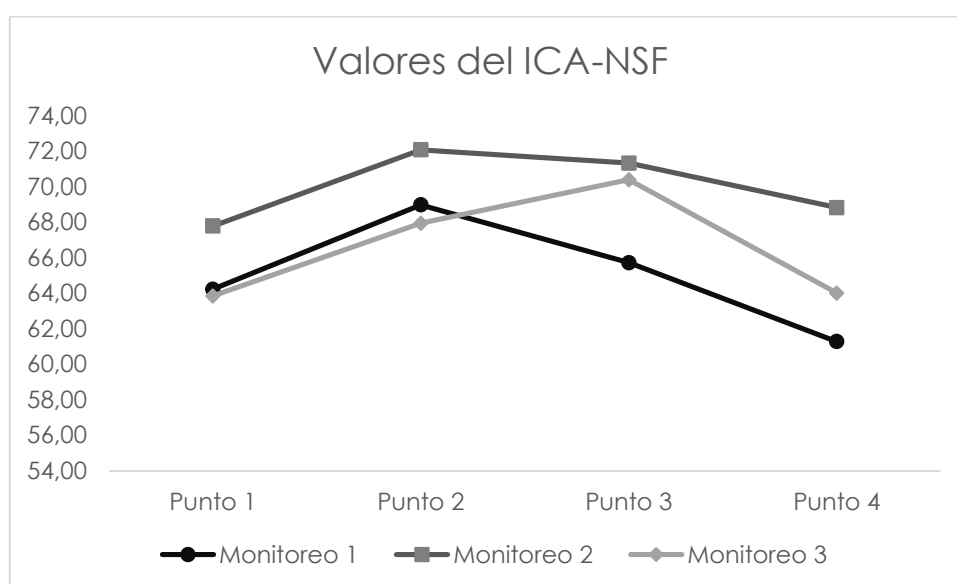
En la tabla 13 se observan los resultados del cálculo del ICA-NSFm realizado a partir de las ecuaciones 2 - 14. Según la clasificación del ICA-NSF, la calidad del agua en general resultó media en la mayoría de los puntos de los monitoreos realizados (Anexo 4). Sin embargo, existen dos puntos de monitoreo en los que la calidad de agua resultó buena. No se evidencia que los valores del ICA-NSF han disminuido gradualmente en la microcuenca, al contrario, estos han variado independientemente de la ubicación de los puntos (Tabla 13). Por lo que se puede asumir que el índice no cambia su categoría a pesar de que el valor de los coliformes fecales aumenta considerablemente en la época lluviosa sin incumplir con la normativa. Esto puede darse, debido a que el ICA al involucrar una serie de parámetros pondera, es decir, considera ciertos rangos de valores.

*Tabla 13. Resumen del valor del ICA de los monitoreos realizados*

Fecha de monitoreo	Número de monitoreo	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
13/9/2018	1	64,224	68,975	65,714	61,277
18/10/2018	2	67,783	72,071	71,324	68,822
21/11/2018	3	63,842	67,938	70,385	64,004

*(amarillo: media, tomate: buena calidad; punto 1: más alto, punto cuatro: más bajo)*

**Elaboración:** El autor



*Ilustración 6. Variación de los valores del ICA-NSF*

**Fuente:** El autor

A nivel mundial existen varios estudios que se han realizado aplicando el ICA-NSF. En el estudio de Jiménez & Vélez (2006), "Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial". Se demostró que las condiciones más favorables de calidad de agua (calidad buena 71-90), generalmente se dan en las partes altas de la microcuenca en donde no existe intervención humana, o en algunos puntos de las partes medias. A diferencia de los puntos ubicados en las partes bajas, en donde prevalecen condiciones de calidad media o baja. En la microcuenca del río Alcacay la calidad de agua oscila entre 61,28 y 72,07 (media y buena). Sin embargo, la calidad de agua media (regular) es constante en la mayoría de los puntos de monitoreo.

Mite et al., (2016), en su estudio realizado en Ecuador, determinó que la calidad del agua fue buena en las dos estaciones (seca y lluviosa), mientras que en la microcuenca del río Alcacay la calidad resulto media en casi todos los puntos de los monitoreos realizados tanto en la época seca como en la lluviosa. La categoría media ubica al agua, en aquella que necesita tratamiento de potabilización. Se encuentra dentro de esta categoría por la influencia de la actividad antrópica. Por esta razón, es importante incorporar medidas que regulen estas actividades, así como los diferentes estudios lo indican.

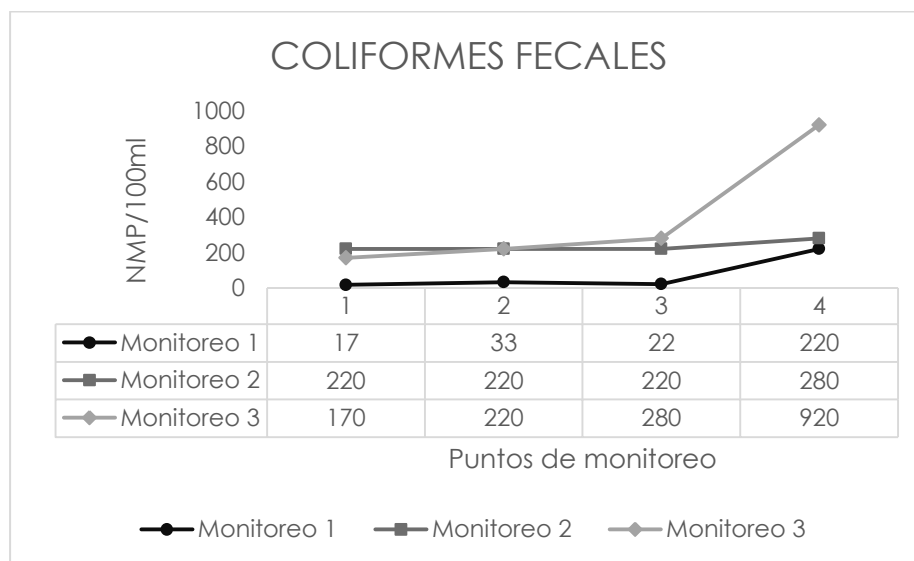


En la microcuenca en estudio existen dos parámetros que pueden haber afectado el Índice de calidad, los coliformes fecales y el oxígeno disuelto. Con respecto a los otros parámetros analizados se puede evidenciar que existe un aumento en el tercer monitoreo (época lluviosa). Sin embargo, todos se mantienen dentro del rango adecuado de aguas destinadas para el consumo humano.

Mite et al., (2016), Baccaro et al., (2006) y Torres et al., (2009), realizaron sus estudios aplicando este índice orientado al uso de la fuente para consumo humano previo al tratamiento convencional, en donde determinaron que el parámetro que presenta una mayor incidencia en el valor final del ICA, son los coliformes fecales. Generalmente, esto se debe a las distintas actividades antrópicas que se realizan a lo largo de la microcuenca. En el caso de la microcuenca del río Alcacay, los coliformes fecales han variado significativamente a lo largo de los puntos (Ilustración 7). En cada monitoreo aumentó en mayor proporción en los puntos 2, 3 y 4. Sin embargo, en el último monitoreo (época lluviosa) en el punto 4 (captación del agua) su valor se elevó considerablemente. Debido, a que, en este periodo al aumentar la pluviosidad, se produce un lavado del potrero y por escorrentía superficial, el estiércol del ganado es arrastrado al río, interfiriendo directamente en la calidad de agua.

Zhen-Wu & Bi Yun, (2010), en su estudio “Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, en Guanacaste, Costa Rica (2007-2008)”, emplearon una metodología similar a la que se usó para el estudio en la microcuenca del río Alcacay, para ver la influencia de las actividades antrópicas en las partes alta, media y baja de la microcuenca, además de comparar la variación de los parámetros en la época lluviosa y la época seca en diferentes puntos ubicados a lo largo del cauce de la quebrada, registrando al igual que nuestra zona de estudio, variaciones poco significativas de los diferentes parámetros y la mayor incidencia de los coliformes fecales.



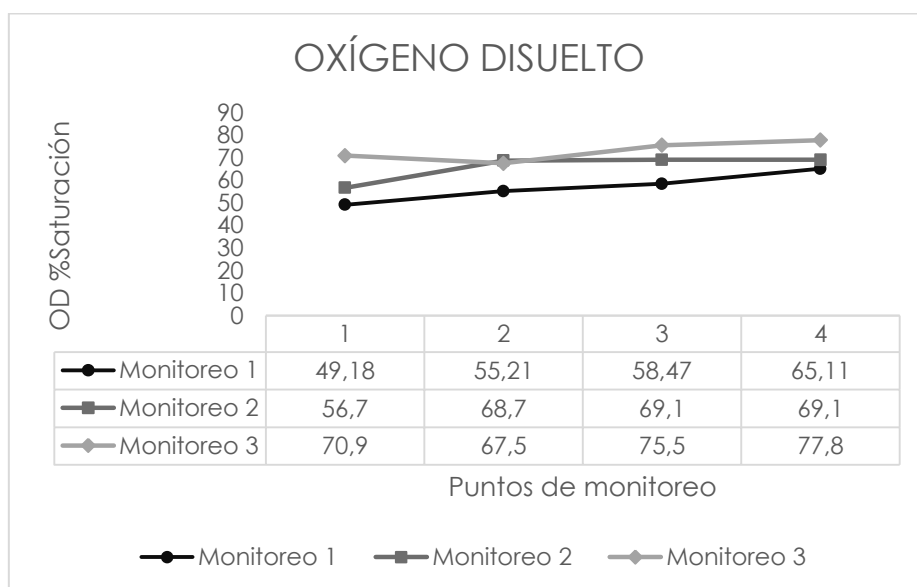


*Ilustración 7. Variación de coliformes fecales en los cuatro puntos de monitoreo*

**Fuente:** El autor

El oxígeno disuelto no cumple con la normativa y su valor al igual que el estudio realizado por Jiménez & Vélez (2006), es alto aun en las partes bajas de la microcuenca (Ilustración 8). Por lo que se puede considerar que este parámetro puede ser una falencia importante en el valor del ICA.

En la época seca este parámetro fluctuó entre 49,18 - 69,10 % de saturación; mientras que en la época lluviosa osciló entre 70,90 - 77,80 % saturación (Ilustración 8). Este parámetro influencia directamente en la calidad media del agua según este índice, ya que para tener agua de buena calidad, el oxígeno disuelto deberá presentar un valor mayor al 80% de saturación, pues según Mite et al., (2016) valores superiores a este permiten descomponer todos los materiales biodegradables presentes en ella y con esto evitar su deterioro.



*Ilustración 8. Variación del oxígeno disuelto en los cuatro puntos de monitoreo*

**Fuente:** El autor

La temperatura osciló entre 7-12 °C. Este parámetro tiene una relación directa con la solubilidad y una relación indirecta con la altura. La solubilidad del agua aumenta a temperaturas altas. A diferencia de la altitud, en la que se observa que a mayor altura la temperatura disminuye.

El pH fluctuó entre 7-8, encontrándose en el rango de aceptabilidad (6-9), lo que indica una influencia mínima de las actividades antrópicas para la calidad del agua, sin embargo, este parámetro ha variado al pasar de época seca a la lluviosa. Los valores en las épocas secas oscilaron entre 7,5 - 7,7 y en la época lluviosa entre 7,4 - 7,2.

Referente a la cantidad de nitratos y fosfatos, se registraron valores altos en los cuatro puntos del primer monitoreo. Sin embargo, es importante mencionar que en el punto 4 aumenta el valor de fosfatos. Esto puede ser por el uso de fertilizantes, compuestos de nitrógeno y fósforo, empleados en los cultivos de la zona de estudio. Además, los nitratos se presentan también por contaminación fecal, ya sea de animales o humanos.

Para el parámetro de turbiedad, se evidenció el aumento de sus valores en la época lluviosa, debido a que existe mayor agitación o turbulencia en el agua, lo que



arrastra mayor cantidad de sedimentos, sin embargo, estos valores no se diferencian significativamente de los valores registrados en la época seca.

En el caso de la  $DBO_5$  los niveles no son altos. El valor más alto con respecto a los registrados en los diferentes puntos fue en el monitoreo tres (época lluviosa) en el punto 2.

Finalmente, en el caso de los sólidos totales, existe variación a lo largo de los puntos, pero no representan una amenaza para la calidad de agua del río Alcacay.

Los gráficos de las variaciones de los parámetros mencionados se encuentran en el anexo 5.

De la microcuenca del río Alcacay únicamente existe un plan de manejo realizado por el Ing. Damián Pulla Samaniego en el año 2012. Quien indica que el agua en dos puntos analizados al azar cumple al menos con cuatro parámetros (temperatura, turbiedad, nitratos y pH). El parámetro que no cumple son los coliformes fecales. En cuanto a los análisis realizados por el laboratorio de la planta de Curín en el punto 4 (captación de agua), se registran valores de parámetros como pH, turbiedad y coliformes fecales. Los cuales presentan valores dentro del rango que la normativa (TULSMA) establece.

#### 4.3.1 Resultados de la correlación de Pearson y regresión lineal

El coeficiente de correlación de Pearson para las variables altitud, presión atmosférica y temperatura ambiente fueron de -0,023, 0,333 y 0,675 respectivamente (Tabla 14). Los resultados indican que se tiene una correlación negativa baja para la variable altitud. Para la presión atmosférica se tiene una correlación positiva débil. Finalmente para la variable temperatura se tiene una correlación positiva moderada fuerte. Esta escala de interpretación se indica en la tabla 6.

Tabla 14. Correlaciones

		Índice de Calidad
Correlación de	Índice de Calidad	1,000

<b>Pearson</b>	Altitud (m)	-,023
	Presión atmosférica (mm Hg)	,333
	Temperatura ambiente (°C)	,675
<b>Sig. (unilateral)</b>	Índice de Calidad	
	Altitud (m)	,472
	Presión atmosférica (mm Hg)	,145
	Temperatura ambiente (°C)	,008
<b>N</b>	Índice de Calidad	12
	Altitud (m)	12
	Presión atmosférica (mm Hg)	12
	Temperatura ambiente (°C)	12

*Fuente: El autor*

La temperatura explica 45,6 % de la variabilidad del Índice de Calidad NSF. Es decir que esta variable va a influenciar en un 45,6 % en el Índice de Calidad NSF (Tabla 17). A diferencia de las variables altitud y presión atmosférica, las cuales representan un 0,1 % y 11,1 % de la variabilidad de dicho índice (Tablas 15 y 16).

*Tabla 15. Resultados de la regresión lineal de la Altitud*

*Fuente: El*

*Tabla 16.*

*la regresión  
Presión*

Modelo	<i>R</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>R</i> <sup>2</sup> Ajustado	Error estándar de la estimación
1	,023 <sup>a</sup>	,001	-,099	3,53088
Modelo	<i>R</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>R</i> <sup>2</sup> Ajustado	Error estándar de la estimación
1	,333 <sup>a</sup>	,111	,022	3,32982

*autor*

*Resultados de*

*lineal de la  
Atmosférica*

*Fuente: El autor*

Tabla 17.  
la regresión  
Temperatura

Modelo	$R$	$R^2$	$R^2$ Ajustado	Error estándar de la estimación
1	,675 <sup>a</sup>	,456	,402	2,60434

Resultados de  
lineal de la  
Ambiente

Fuente: El autor

#### 4.4 Determinación de medidas que regulen los impactos que causa la actividad agropecuaria

En esta microcuenca se desarrollan actividades agrícolas, así como ganaderas. Sin embargo, se debe considerar que las actividades ganaderas se encuentran en casi toda la microcuenca, por lo tanto, existe una mayor probabilidad de contaminación al río. Por lo cual se deberán plantear medidas para regular los problemas de contaminación que generan dichas actividades. Para ello, se debe priorizar la protección y conservación de los puntos medios y bajos de la microcuenca, a través, del manejo de las fuentes de contaminación (Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich, & Menéndez Gutiérrez, 2017). No es necesario cambiar la zona de captación, ya que la calidad de agua oscila entre 61,28 y 72,07 (media y buena), por lo que si se incorporan las medidas que se mencionarán a continuación, mejorará el estado de la microcuenca y consecuentemente la calidad de agua.

Existen diferentes alternativas para el manejo adecuado de esta microcuenca, como el establecimiento de límites de las fronteras agropecuarias. Los cuales deben respetar las zonas de protección hídrica cuya extensión es de 100 metros desde el margen del río, tal como se indica en el artículo 64 del Reglamento Ley Recursos hídricos usos y aprovechamiento de agua. Es importante mencionar que la extensión puede variar por razones topográficas, hidrográficas u otras que determine la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional. Además, se pueden implementar sistemas agrosilvopastoriles, los cuales incorporan diferentes tipos de árboles, plantas o arbustos, usados para crear franjas centrales o principales. Estos sistemas ayudan a la conservación estricta de cada predio (Jiménez Trujillo, 2007). Reduciendo la escorrentía, por ende, la cantidad de sólidos y estiércol que pueden llegar al río.



Se deben brindar capacitaciones a los agricultores de la zona, además, de impartir prácticas de conservación que deben usar para la preservación de la vegetación nativa y el cuidado de la calidad de agua. (L. R. Torres, Solís, Jiménez, & Faustino, 2004).

Otra medida importante que debería tomarse es la aplicación del Plan de Ordenamiento Territorial poniendo énfasis en los sitios críticos y más propensos a la contaminación. Debido, a que la ubicación adecuada de las rutas pecuarias, su amplitud e infraestructuras de acceso al uso pecuario ayudarán a mejorar el desarrollo de estas actividades. Convirtiéndose en una medida de protección ambiental (González Ríos, 2005).

La vegetación de ribera es una de las medidas que debe ser incorporada de manera urgente en la quebrada Allaczela y en algunas partes de las riberas del río. Por lo general, las zonas que no cuentan con esta, son mucho más propensas a la contaminación. Esta, actúa como un sistema depurador, pues evita la erosión de las riberas, atenúa la entrada de contaminantes, regula la temperatura y el ingreso de la luz (Kutschker, Brand, & Miserendino, 2009), estabiliza los márgenes, reduce la escorrentía y controla los flujos de agua, materia orgánica y nutrientes (Gamarra Torres, 2018). Para conocer el tipo de vegetación a incorporar, se debe hacer un inventario forestal de la vegetación de ribera de la cuenca según lo indica Gamarra Torres, (2018) en su estudio “Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú”.

Otra medida que se puede realizar, es el planteamiento de proyectos para la recuperación las zonas intervenidas por la deforestación, especialmente en las partes altas y medias de la microcuenca. Para ello, se deberá analizar una viabilidad técnica, una factibilidad económica, y contar con los permisos y concesiones establecidos por la autoridad ambiental competente. (González R., Lozano O., & Páramo G., 2004). Además, de tomar en cuenta aquella vegetación nativa de la zona.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La microcuenca del río Alcacay tiene una alta influencia de los pobladores de las comunidades que dependen de esta, debido a las condiciones de vida favorables, como la disponibilidad de tierras para el cultivo o para fines agropecuarios, el agua para riego o de consumo. Por lo cual, las descargas de estiércol y la escorrentía de los campos agrícolas son los responsables de la contaminación del río. Es decir, el uso de suelo tiene una influencia directa con la calidad de agua de esta microcuenca. El levantamiento de información fue una base importante para corroborar los datos observados en campo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en general, la calidad del agua resulto media en la mayoría de los puntos de monitoreo. Debido a que el estiércol y los fertilizantes usados en la agricultura se lixivian o llegan por escorrentía en diferentes tiempos, esto se comprobó en la época lluviosa. Es importante mencionar, de los dos meses considerados en la época lluviosa, únicamente en el mes de noviembre se dieron estas condiciones, en donde el número de coliformes fecales aumentó considerablemente, cambiando de 170 NMP/100ml en el primer punto a 920 NMP/100ml en el cuarto punto.

Otro de los parámetros que podría influenciar en la calidad media del agua, es el oxígeno disuelto, debido a que sobrepasa el límite establecido en la normativa. Con respecto a las variables altitud, presión y temperatura, se dedujo que únicamente la temperatura puede influir en el índice de calidad de agua, ya que su relación es fuerte.

Considerando que la quebrada Allaczela no posee vegetación de ribera y es el principal afluente de la microcuenca. De las medidas a implementarse, la incorporación de la vegetación de ribera con especies nativas es la más conveniente



e importante. Debido a que evita la erosión de las riberas, atenúa la entrada de contaminantes, reduce la escorrentía, controla los flujos de agua, entre otros.

El ICA-NSF fue usado para evaluar la calidad de agua. Debido, a que el agua puede ser destinada para consumo humano siempre y cuando se realice un tratamiento previo, según su clasificación. En el caso del agua de esta microcuenca, existe el tratamiento mencionado. Sin embargo, es importante implementar medidas de control, mitigación y reducción de los impactos causados por las actividades agropecuarias. De lo contrario, en los siguientes años la calidad del agua puede empeorar, incrementando costos de tratamiento de la planta. Por tal razón, la gestión eficaz y eficiente de la microcuenca es importante para mejorar la calidad de agua.

## **5.2 Recomendaciones**

La actividad agropecuaria es una de las actividades que se realiza frecuentemente en la microcuenca del río Alcacay. Con el incremento de la población, esta actividad altera las propiedades del agua, por ende, afecta su calidad. Por lo que se recomienda al GAD Municipal de Sígsig tomar medidas para el cuidado de esta microcuenca en coordinación con instituciones que se dediquen a la protección y cuidado del recurso hídrico como: Fonapa, SENAGUA o el Ministerio del Ambiente. Debido a que esta agua es destinada para el consumo humano del centro cantonal de Sígsig.

Se recomienda a los responsables del laboratorio de la planta de Curín que se midan todos los parámetros establecidos en la normativa (TULSMA) para aguas destinadas al consumo humano. Debido a que, si cumple con estos evitará posteriores problemas en la planta de potabilización. Además, servirá como referencia para diferentes estudios.

Para la protección y conservación de la zona se recomienda considerar la vegetación nativa para las diferentes medidas que se tomen al respecto. Además, de usar esta vegetación especialmente en las zonas de ribera tanto de la quebrada como del río.





Se recomienda que la zona sin intervención se declare área protegida, por la importancia de este ecosistema, evitando el avance de la frontera agrícola, para conservar tanto la vegetación nativa como el recurso hídrico. Finalmente, se recomienda realizar análisis de agua en la zona sin intervención, es decir que exista un punto de referencia, del cual se puedan registrar los valores de los parámetros de origen natural para establecer una línea base y un patrón de comparación con las zonas intervenidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., & Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3).
- Baguma, D., Loiskandl, W., & Jung, H. (2010). Water Management, Rainwater Harvesting and Predictive Variables in Rural Households. *Water Resources Management*, 24(13), 3333-3348. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9609-9>
- Cáceres Páez, A. A. (2015). *Diseño y construcción de una rueda hidráulica para impulsar agua desde una vertiente con mediano caudal hacia una vivienda a 300 m de distancia en Puerto Quito, recinto La Magdalena* (B.S. thesis).
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 111-124.
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, Á. R., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2015). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica*, 16(31). Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/11281>
- Ecuador, C. d. (2015). Reglamento Ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. Quito.



- Ecuador, C. d. (2014). Segundo Suplemento-Ley Orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. Quito.
- Fernández, N., Ramírez, A., & Solano, F. (2013). Dinámica Fisicoquímica y Calidad del Agua en la Microcuenca el Volcan, Municipio de Pamplona, Colombia. *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(1). <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2005.12>
- Gamarra Torres, Ó. A. (2018). Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú. *Arnaldoa*, 25(2). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25218>
- González R., L. F., Lozano O., L. A., & Páramo G., A. (2004). Manejo y conservación de la microcuenca Quebrada La vieja, Cerros Orientales de Bogotá. *Umbral Científico*, (4). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=30400411>
- González Ríos, I. (2005). Sanidad animal: su vinculación con la ordenación territorial, urbanística y medio ambiental. *Revista de administración pública*, (166), 321–351.
- Gwenzi, W., Dunjana, N., Pisa, C., Tauro, T., & Nyamadzawo, G. (2015). Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 6, 107-118. <https://doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.01.006>
- Heyer, L., Ramos, O. G., de la Garza, F. R., Rivera, P., & Castro, B. I. (2008). Calidad del agua y salud pública en la zona centro de Tamaulipas. *CienciaUAT*, 2(4).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2000). *NTE INEN 2226: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo*. Recuperado de <http://archive.org/details/ec.nte.2226.2000>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1998). *NTE INEN 2176: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*. Recuperado de <http://archive.org/details/ec.nte.2176.1998>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1998). *NTE INEN 2169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. Recuperado de <http://archive.org/details/ec.nte.2169.1998>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (1998). *Anuario Meteorológico*



1998. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%201998.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (1999). *Anuario Meteorológico*
1999. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%201999.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2000). *Anuario Meteorológico*
2000. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202000.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2001). *Anuario Meteorológico*
2001. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202001.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2003). *Anuario Meteorológico*
2003. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202003.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2004). *Anuario Meteorológico*
2004. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202004.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2005). *Anuario Meteorológico*
2005. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202005.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2006). *Anuario Meteorológico*
2006. Quito: INHAMI. Recuperado de  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202006.pdf>  
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2007). *Anuario Meteorológico*



2007. Quito: INHAMI. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202007.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2008). *Anuario Meteorológico*
2008. Quito: INHAMI. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202008.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2009). *Anuario Meteorológico*
2009. Quito: INHAMI. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202009.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). *Anuario Meteorológico*
2010. Quito: INHAMI. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202010.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2011). *Anuario Meteorológico*
2011. Quito: INHAMI. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2012). *Anuario Meteorológico*
2012. Quito: INHAMI. Recuperado de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2013). *Anuario Meteorológico*
2013. Quito: INHAMI. Recuperado de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum\\_institucion/anuarios/meteorologicos/Am\\_2013.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf)
- Jiménez, M. A., & Vélez, M. V. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 0(14). Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/arh/article/view/9331>
- Jiménez Terán, J. M. (2013). *Manual de Diseño para Proyectos de Hidráulica*. Universidad Veracruzana. Recuperado de



<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

- Jiménez Trujillo, J. A. (2007). *Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba-Costa Rica. Recuperado de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4751/Diseño\\_de\\_sistemas\\_de\\_Produccion.pdf;jsessionid=A002EF432C1B791A77DFBF510FBC597B?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4751/Diseño_de_sistemas_de_Produccion.pdf;jsessionid=A002EF432C1B791A77DFBF510FBC597B?sequence=1)
- Kleeberg-Hidalgo, F., & Ramos-Ramírez, J.-C. (2009). Aplicación de las técnicas de muestreo en los negocios y la industria. *Ingeniería Industrial*, (027), 11–40.
- Kutschker, A., Brand, C., & Miserendino, M. L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología austral*, 19(1), 19-34.
- Laguna, C. (2014). Correlación y regresión lineal. Aragón: Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud.
- Lam, Q. D., Schmalz, B., & Fohrer, N. (2011). The impact of agricultural Best Management Practices on water quality in a North German lowland catchment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 183(1), 351-379. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-1926-9>
- López, S., Nevels, D., & Kading, T. (2011). Análisis de la calidad de agua en las microcuencas de los ríos Pacayacu y Sacha en la Amazonía Ecuatoriana. *Universidad de Washington Bothell*.
- Lozada, P. T., Vélez, C. H. C., Escobar, J. C., Vidal, A. P., & Patiño, P. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 86-95.
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2), 0-0.
- Mite, R. B., Ochoa, L. S., Osorio, B. G., Suatunce, P., Ocampo, E. D., & Arevalo, L. C. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of



- Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(20), 109-117. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>
- Naturaleza y Cultura Internacional - NCI. (2015). *Propuesta para la protección y restauración de fuentes de agua, ecosistemas frágiles, biodiversidad y servicios ambientales a través de la Declaratoria de Áreas Protegidas Municipales. Cantón Sígüig, provincia del Azuay-Ecuador.*
- Pérez Castillo, A. G., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(4). Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44918835026>
- Pérez, J. I., Nardini, A. G., Galindo, A. A., Pérez, J. I., Nardini, A. G., & Galindo, A. A. (2018). Análisis Comparativo de Índices de Calidad del Agua Aplicados al Río Ranchería, La Guajira-Colombia. *Información tecnológica*, 29(3), 47-58. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300047>
- Perez-Osorio, G., Arriola-Morales, J., Garcia-Lucero, T., Saldana-Blanco, M. L., & Mendoza-Hernandez, J. C. (2016). Assessment of the quality of the water of four jagueyes in the state park «Flor del Bosque», Puebla, Mexico. *REVISTA RA XIMHAI*, 12(4), 153–168.
- Pulla Samaniego, D. (2012, Agosto). Plan de manejo de la microcuenca del río Alcacay-Volumen I.
- Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Sandoval-Moreno, A., & Ochoa-Ocaña, M. A. (2010). Grupos locales, acceso al agua y su problemática de contaminación en la ciénega de Chapala, Michoacán. *Economía, sociedad y territorio*, 10(34), 683–719.
- Sierra-Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico* (1a ed). Medellín s.l: Ediciones de la U.
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15 Sup. 1), 79-94.
- TULSMA. (2011). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del*



*Ambiente. Quito.*

Vereda-Chorrillo, Q. (2008). Calidad de aguas. *Universidad del Tolima*.

Water Sanitation Health. (2008, Diciembre). Las Guías: un marco para la seguridad del agua de consumo. Recuperado 20 de noviembre de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_2\\_fig.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_2_fig.pdf)

Yisa, & Tijani Oladejo, J. (2010). Analytical Studies on Water Quality Index of River Landzu. *American Journal of Applied Sciences*, 4, 453-458.

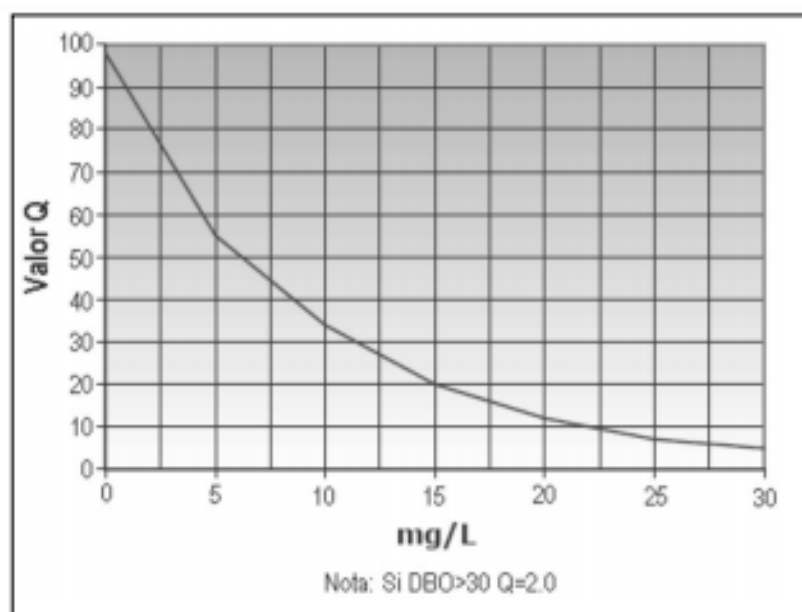
Zambrano, Y., & Luis, J. (2011). Estudio de la calidad de Agua en los afluentes de la Microcuenca del Río Blanco para determinar las causas de la Degradación y Alternativas de manejo. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/579>

Zhen-Wu, & Bi Yun. (2010). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22458/urj.v2i1.221>



## ANEXOS

### Anexo 1. Gráficas del ICA-NSF



*Ilustración 9. Curva de calidad de la DBO*

**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006



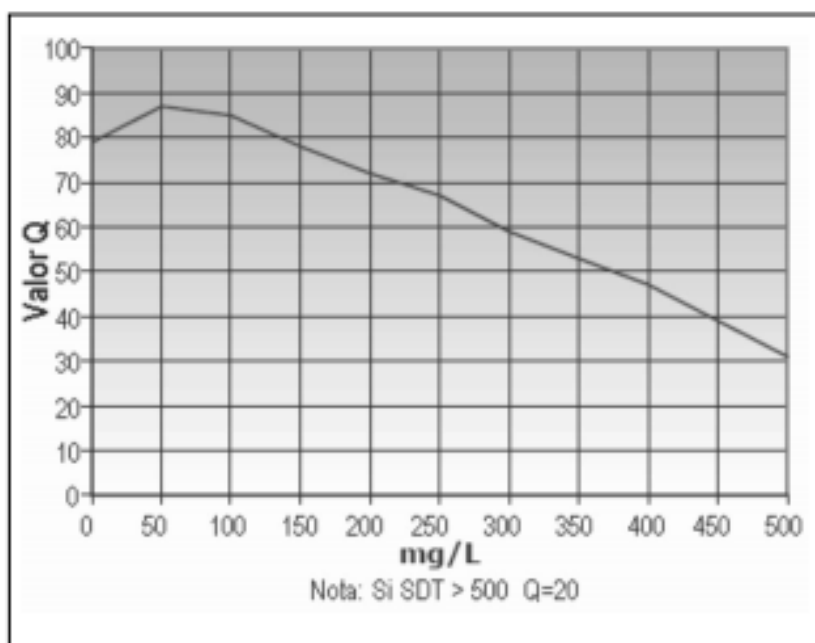


Ilustración 10. Curva de calidad de los SDT  
**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

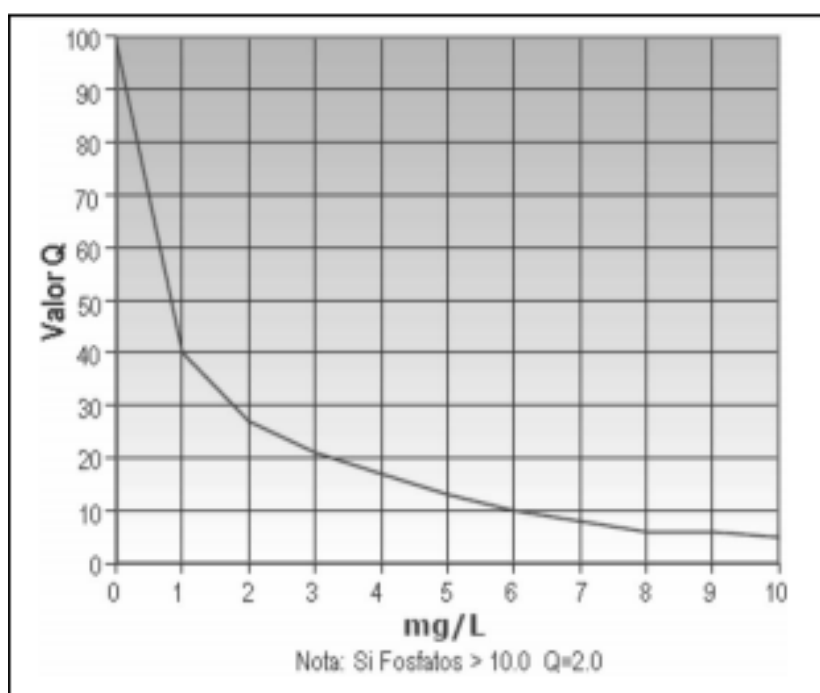


Ilustración 11. Curva de calidad de los fosfatos  
**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

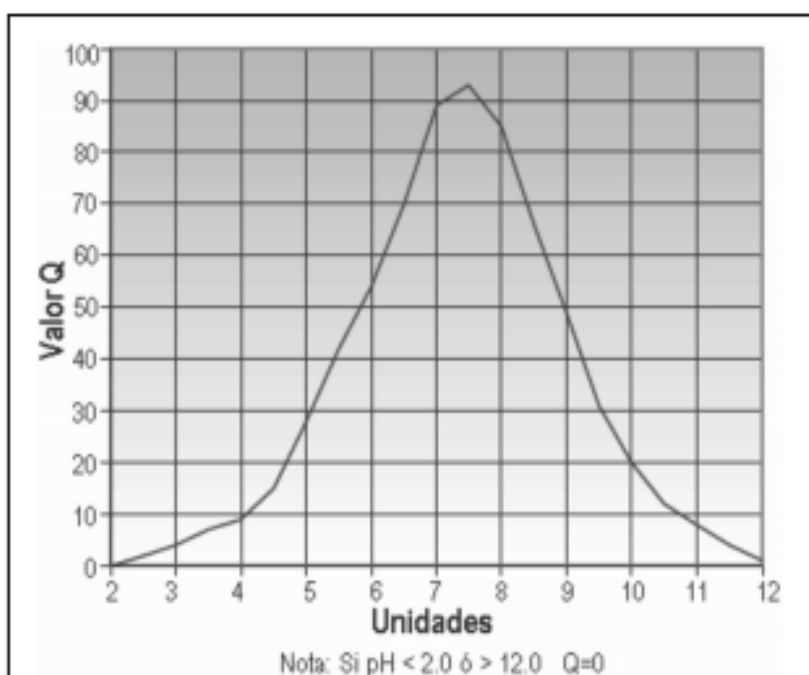


Ilustración 12. Curva de calidad del pH  
**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

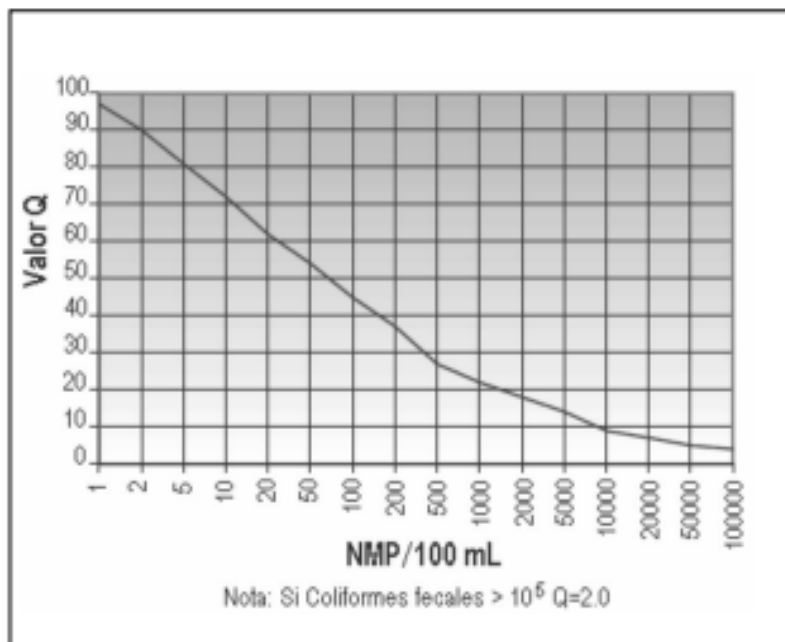


Ilustración 13. Curva de calidad de los coliformes fecales  
**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

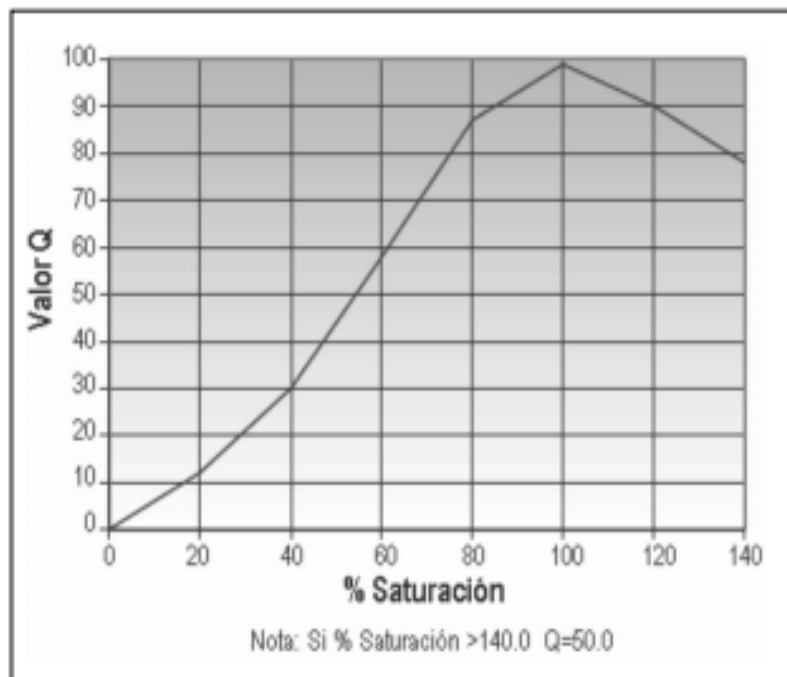


Ilustración 14. Curva de calidad del OD  
**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

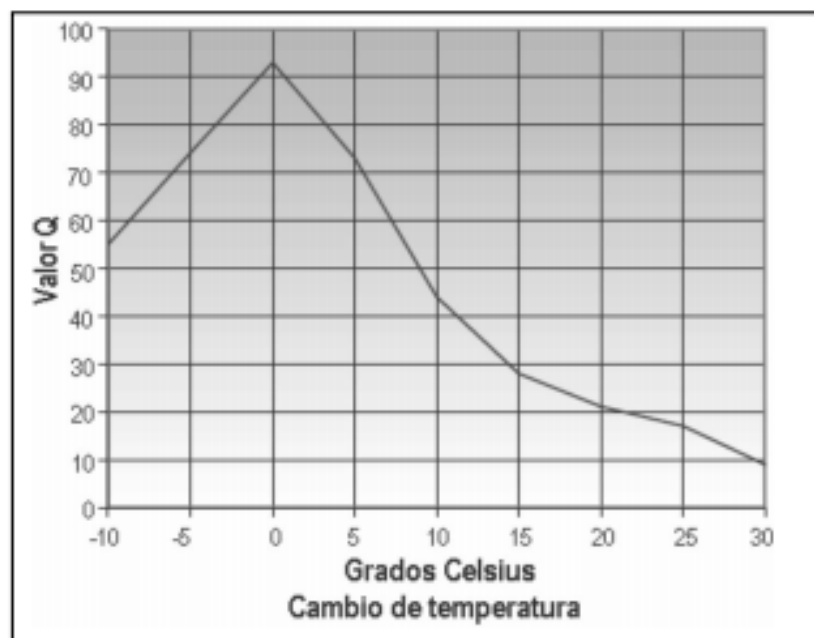


Ilustración 15. Curva de calidad de la temperatura  
**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

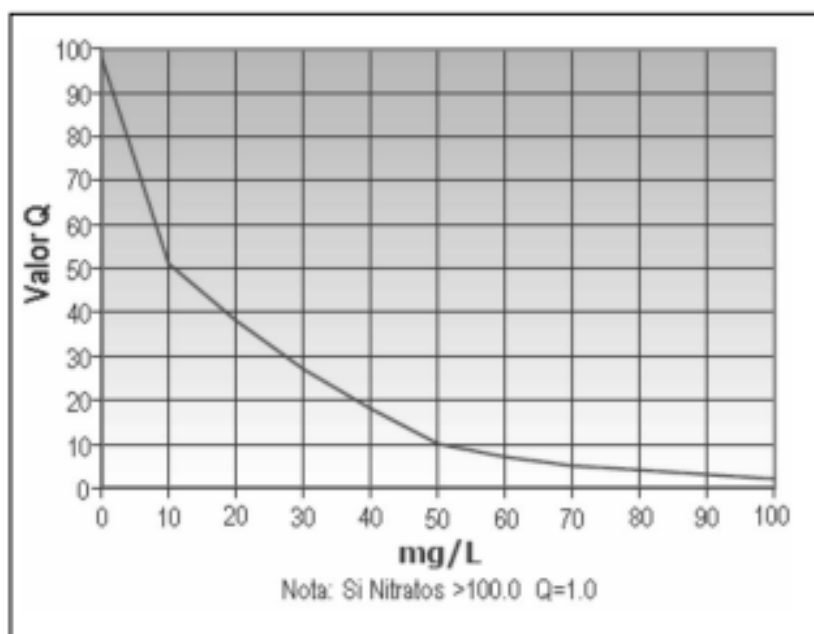


Ilustración 16. Curva de calidad de los nitratos

**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

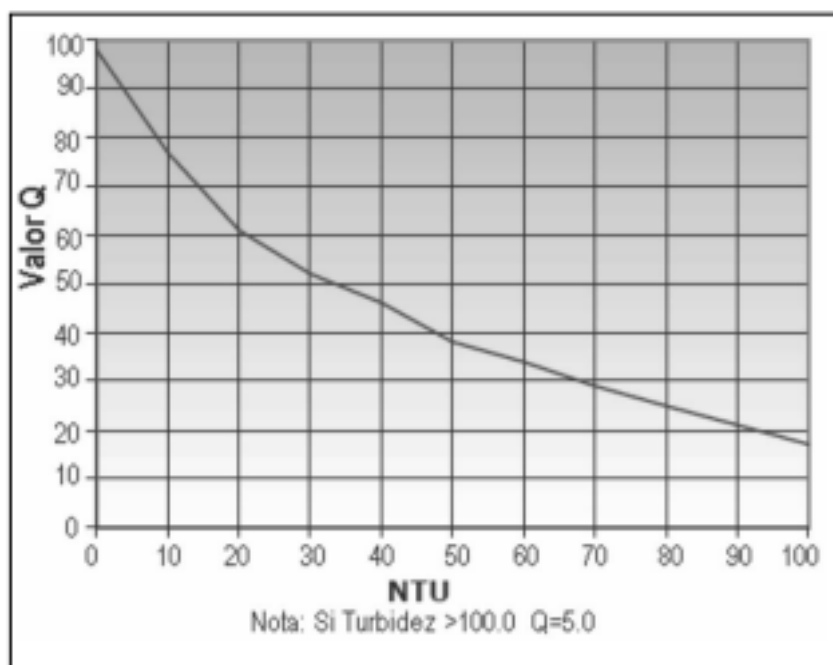


Ilustración 17. Curva de calidad de la turbidez

**Fuente:** Jiménez & Vélez, 2006

## Anexo 2. Formato de la encuesta



**Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas  
Ingeniería Ambiental**

**Análisis de la calidad de agua de la microcuenca del Río Alcacay como herramienta de gestión  
de los recursos hídricos**

EDAD: \_\_\_\_\_

SEXO: F \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es el principal motivo de que se dedique a la actividad agraria?  
\_\_\_\_\_
2. ¿Cuáles son las principales actividades de producción agropecuaria (cultivo y/o cría de animales) a las que se dedican los pobladores de esta comunidad? (Hasta 3 en orden de importancia)
  1. \_\_\_\_\_
  2. \_\_\_\_\_
  3. \_\_\_\_\_
3. Si se dedica al cultivo. ¿Utiliza fertilizantes?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_
4. En los últimos 5 años las cosechas: (Marque con una X la respuesta)
  - ¿Han aumentado? \_\_\_\_\_
  - ¿Han disminuido? \_\_\_\_\_
  - ¿Siguen iguales? \_\_\_\_\_
5. ¿En esta comunidad los productores reciben ASISTENCIA TÉCNICA agropecuaria? Si la respuesta es sí, indique el nombre del técnico.  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. ¿Realiza algún tipo de análisis de suelo, foliar y/o de agua?  
\_\_\_\_\_
7. Si se dedica a la ganadería. ¿Qué tipo de alimentación utiliza para su ganado?  
\_\_\_\_\_
8. ¿Reutiliza de alguna forma el estiércol de su ganado?  
\_\_\_\_\_
9. ¿Qué tipo de basura genera frecuentemente?  
\_\_\_\_\_
10. ¿Qué suelen hacer con la basura que se genera?  
\_\_\_\_\_
11. ¿Cuál es el tipo de vegetación que predomina en estas comunidades?  
\_\_\_\_\_
12. ¿En los últimos 5 años usted ha ampliado su área de cultivo y/o potrero talando la vegetación nativa?



13. ¿En los últimos 5 años, se ha desarrollado algún proyecto de reforestación en esta comunidad?

---

14. ¿Estaría dispuesto/a a mejorar sus prácticas para reducir la contaminación hídrica? SI/NO  
¿Por qué?

---



**Anexo 3. Datos del INHAMI**

Años/	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
-------	-------	---------	-------	-------	------	-------	-------	--------	------------	---------	-----------	-----------

*Tabla 18. Valores pluviométricos mensuales clasificados por año (mm)*



Meses												
1998	73,8	41,4	74,2	99,4	-----	78,5	94,5	18,9	10,5	111,2	47,1	31,6
1999	54,5	143,5	148	-----	-----	48,3	86,6	90,9	-----	65,4	910,8	114,6
2000	7,6	86,6	38,9	-----	117,7	-----	22,6	81,8	45,7	46,6	-----	-----
2001	51,1	53,9	-----	-----	65,9	32	45,9	32,9	57,1	35,9	63,8	51,8
2002	44,8	59	46,1	135	38	64,9	70,2	82,9	34,3	37,4	23,5	22,9
2003	40,6	50,1	77,3	52,6	-----	34,5	45,2	-----	-----	35,5	-----	-----
2004	8,2	14,3	31	51	58,2	26,3	41,3	40,1	34,5	25,9	-----	51,2
2005	46,8	81,5	123,5	76,2	74,8	35,5	-----	29,8	6,6	98	36,4	-----
2006	46	35,8	56,5	54	48,3	64,8	-----	25,2	31	46	62,5	12,4
2007	36,2	56,2	-----	87,9	69,5	211,8	39,5	67,3	76,1	147,1	81,4	75,3
2008	29	140,2	189,2	-----	148,7	63,8	61,8	69,7	40,8	82,4	147,8	62,7
2009	88,3	58,1	70,4	62,5	53,4	80,7	55,7	23,3	10,7	4,7	23,5	23
2010	25,7	0	37,5	35,3	115,2	123,9	67	54,9	24,8	53,8	43	115,5
2011	18,2	25,3	68,1	83,4	67,4	115,5	101,6	62,3	91,4	5,7	44,8	68,5
2012	74,1	96,7	33,3	80,6	64,7	69,8	80	122,9	74,2	47	60,2	70,2
2013	145,5	69,5	60,4	26,1	55,9	54,7	104,2	63,5	83,6	63	29,7	3,3
Promedio	<b>49,40</b>	<b>63,26</b>	<b>75,31</b>	<b>70,33</b>	<b>75,21</b>	<b>73,67</b>	<b>65,44</b>	<b>57,76</b>	<b>44,38</b>	<b>56,60</b>	<b>121,12</b>	<b>54,08</b>

Fuente: INHAMI





#### Anexo 4. Resultados del cálculo del ICA-NSFm

Tabla 19. Resumen de los resultados del cálculo del ICA-NSFm del primer monitoreo

	Parámetro	Valor registrado	Unidades	Subíndice ( $Q_i$ )	Factor de ponderación ( $W_i$ )	Subtotal	TOTAL	VALOR ICA NSF
<b>PUNTO 1</b>	Temperatura	7,4	°C	59,440	0,1	1,505	64,224	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	49,18	% saturación	42,415	0,17	1,891		
	Turbiedad	1,2	NTU, FTU	95,014	0,08	1,440		
	pH	7,6		92,380	0,11	1,645		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	2,74	mg/l	22,444	0,1	1,365		
	N. Nitratos	0,146	mg/l	99,860	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,13	mg/l	98,702	0,11	1,657		
	Sólidos totales	38,13	mg/l	85,260	0,07	1,365		
	Coliformes fecales	17	NMP/100ml	64,561	0,16	1,948		
<b>PUNTO 2</b>	Temperatura	8,3	°C	54,243	0,1	1,491	68,975	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	55,21	% saturación	51,309	0,17	1,953		
	Turbiedad	1,06	NTU, FTU	95,367	0,08	1,440		
	pH	7,5		93,229	0,11	1,647		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,9	mg/l	43,960	0,1	1,460		
	N. Nitratos	0,139	mg/l	99,912	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,16	mg/l	98,362	0,11	1,657		



	Sólidos totales	56,74	mg/l	85,928	0,07	1,366		
	Coliformes fecales	33	NMP/100ml	56,765	0,16	1,908		
<b>PUNTO 3</b>	Temperatura	8,8	°C	51,428	0,1	1,483		
	Oxígeno Disuelto	58,47	% saturación	56,256	0,17	1,984		
	Turbiedad	1,17	NTU, FTU	95,089	0,08	1,440		
	pH	7,6		92,380	0,11	1,645		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	2,95	mg/l	21,757	0,1	1,361		
	N. Nitratos	0,139	mg/l	99,912	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,14	mg/l	98,589	0,11	1,657		
	Sólidos totales	55,60	mg/l	85,913	0,07	1,366		
	Coliformes fecales	22	NMP/100ml	61,411	0,16	1,932	65,714	MEDIA
<b>PUNTO 4</b>	Temperatura	9,8	°C	46,050	0,1	1,467		
	Oxígeno Disuelto	65,11	% saturación	66,303	0,17	2,040		
	Turbiedad	2	NTU, FTU	93,034	0,08	1,437		
	pH	7,7		91,216	0,11	1,643		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	3,1	mg/l	21,251	0,1	1,357		
	N. Nitratos	0,129	mg/l	99,986	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,17	mg/l	98,249	0,11	1,656		
	Sólidos totales	62,29	mg/l	85,959	0,07	1,366		
	Coliformes fecales	220	NMP/100ml	37,007	0,16	1,782	61,277	MEDIA



(Amarillo: Calidad de agua media)

**Elaboración:** El autor

Tabla 20. Resumen de los resultados del cálculo del ICA-NSFm del segundo monitoreo

	Parámetro	Valor registrado	Unidades	Subíndice ( $Q_i$ )	Factor de ponderación ( $W_i$ )	Subtotal	TOTAL	VALOR ICA NSF
<b>PUNTO 1</b>	Temperatura	9,1	°C	49,775	0,1	1,478	67,783	<b>MEDIA</b>
	Oxígeno Disuelto	56,7	% saturación	53,564	0,17	1,967		
	Turbiedad	0,619	NTU, FTU	96,490	0,08	1,441		
	pH	7,6		92,380	0,11	1,645		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,29	mg/l	75,042	0,1	1,540		
	N. Nitratos	0,115	mg/l	100,090	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,21	mg/l	97,797	0,11	1,656		
	Sólidos totales	36,08	mg/l	85,129	0,07	1,365		
	Coliformes fecales	220	NMP/100ml	37,007	0,16	1,782		
<b>PUNTO 2</b>	Temperatura	10	°C	45,024	0,1	1,463	72,071	<b>BUENA</b>
	Oxígeno Disuelto	68,7	% saturación	71,556	0,17	2,067		
	Turbiedad	0,847	NTU, FTU	95,907	0,08	1,441		
	pH	7,6		92,380	0,11	1,645		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,06	mg/l	94,028	0,1	1,575		
	N. Nitratos	0,111	mg/l	100,120	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,26	mg/l	97,235	0,11	1,654		



	Sólidos totales	61,79	mg/l	85,959	0,07	1,366		
	Coliformes fecales	220	NMP/100ml	37,007	0,16	1,782		
<b>PUNTO 3</b>	Temperatura	10,4	°C	43,028	0,1	1,457	71,324	BUENA
	Oxígeno Disuelto	69,1	% saturación	72,128	0,17	2,070		
	Turbiedad	1,18	NTU, FTU	95,064	0,08	1,440		
	pH	7,7		91,216	0,11	1,643		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,12	mg/l	88,594	0,1	1,566		
	N. Nitratos	0,104	mg/l	100,172	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,2	mg/l	97,910	0,11	1,656		
	Sólidos totales	63,70	mg/l	85,956	0,07	1,366		
	Coliformes fecales	220	NMP/100ml	37,007	0,16	1,782		
<b>PUNTO 4</b>	Temperatura	10,4	°C	43,028	0,1	1,457	68,822	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	69,1	% saturación	72,128	0,17	2,070		
	Turbiedad	0,9	NTU, FTU	95,772	0,08	1,440		
	pH	7,7		91,216	0,11	1,643		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,37	mg/l	69,526	0,1	1,528		
	N. Nitratos	0,101	mg/l	100,194	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,27	mg/l	97,123	0,11	1,654		
	Sólidos totales	67,52	mg/l	85,925	0,07	1,366		
	Coliformes fecales	280	NMP/100ml	34,513	0,16	1,762		

(Amarillo: Calidad de agua media, Tomate: Calidad de agua buena)



*Elaboración: El autor*

*Tabla 21. Resumen de los resultados del cálculo del ICA-NSFm del tercer monitoreo*

	Parámetro	Valor registrado	Unidades	Subíndice ( $Q_i$ )	Factor de ponderación ( $W_i$ )	Subtotal	TOTAL	VALOR ICA NSF
<b>PUNTO 1</b>	Temperatura	9,3	°C	48,691	0,1	1,475	63,842	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	70,9	% saturación	74,660	0,17	2,082		
	Turbiedad	2,62	NTU, FTU	91,540	0,08	1,435		
	pH	7,4		92,965	0,11	1,646		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	2,47	mg/l	22,444	0,1	1,365		
	N. Nitratos	0,073	mg/l	100,403	0,1	1,586		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,33	mg/l	96,453	0,11	1,653		
	Sólidos totales	39	mg/l	85,312	0,07	1,365		
	Coliformes fecales	170	NMP/100ml	39,673	0,16	1,802		
<b>PUNTO 2</b>	Temperatura	10,2	°C	44,016	0,1	1,460	67,938	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	67,5	% saturación	69,823	0,17	2,058		
	Turbiedad	2,1	NTU, FTU	92,791	0,08	1,437		
	pH	7,4		92,965	0,11	1,646		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,59	mg/l	58,795	0,1	1,503		
	N. Nitratos	0,067	mg/l	100,448	0,1	1,586		



	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,36	mg/l	96,119	0,11	1,652		
	Sólidos totales	12	mg/l	82,611	0,07	1,362		
	Coliformes fecales	220	NMP/100ml	37,007	0,16	1,782		
<b>PUNTO 3</b>	Temperatura	11,1	°C	39,737	0,1	1,445	70,385	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	75,5	% saturación	80,762	0,17	2,110		
	Turbiedad	1,96	NTU, FTU	93,132	0,08	1,437		
	pH	7,3		92,253	0,11	1,645		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,23	mg/l	79,529	0,1	1,549		
	N. Nitratos	0,105	mg/l	100,164	0,1	1,585		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,22	mg/l	97,684	0,11	1,655		
	Sólidos totales	20,00	mg/l	83,658	0,07	1,363		
	Coliformes fecales	280	NMP/100ml	34,513	0,16	1,762		
<b>PUNTO 4</b>	Temperatura	12	°C	35,919	0,1	1,431	64,009	MEDIA
	Oxígeno Disuelto	77,8	% saturación	83,570	0,17	2,122		
	Turbiedad	3,7	NTU, FTU	89,021	0,08	1,432		
	pH	7,2		90,778	0,11	1,642		
	P. Ortofosfatos totales (como fósforo)	0,38	mg/l	68,872	0,1	1,527		
	N. Nitratos	0,063	mg/l	100,478	0,1	1,586		
	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ )	0,29	mg/l	96,899	0,11	1,654		

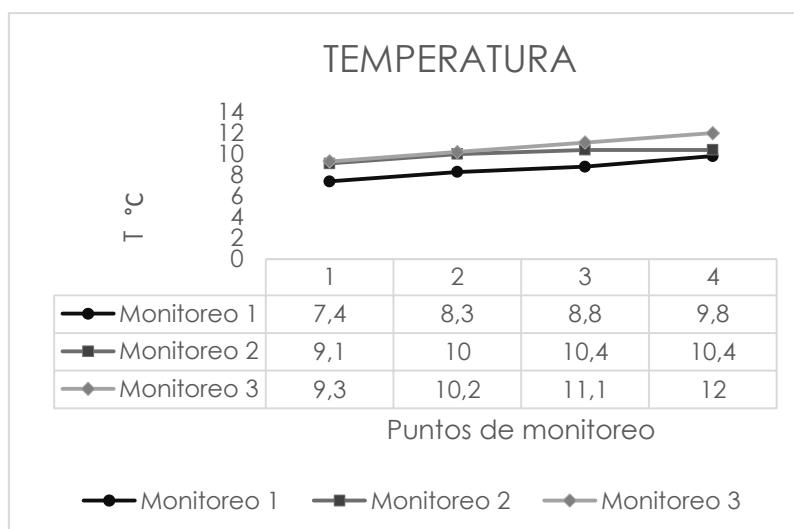


	Sólidos totales	22,00	mg/l	83,886	0,07	1,364		
	Coliformes fecales	920	NMP/100ml	22,213	0,16	1,642		

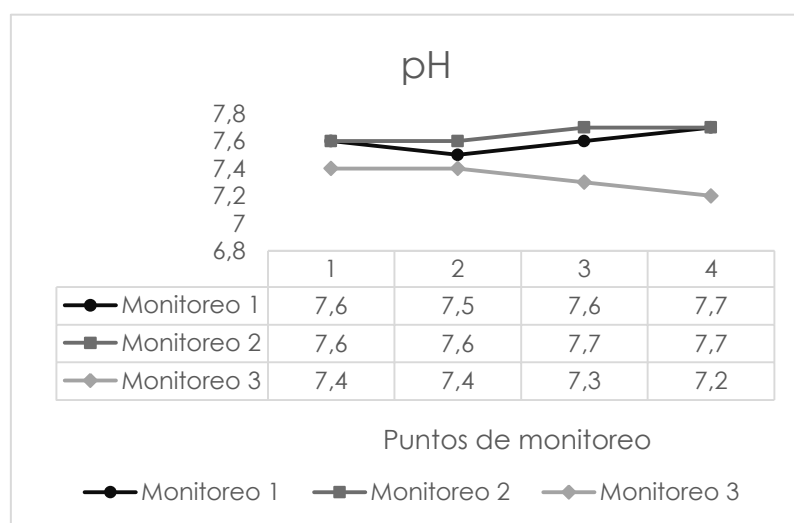
(Amarillo: Calidad de agua media)

**Elaboración:** El autor

**Anexo 5.** Variación de los parámetros temperatura, pH, turbiedad, fósforo total, nitratos, DBO y sólidos totales.

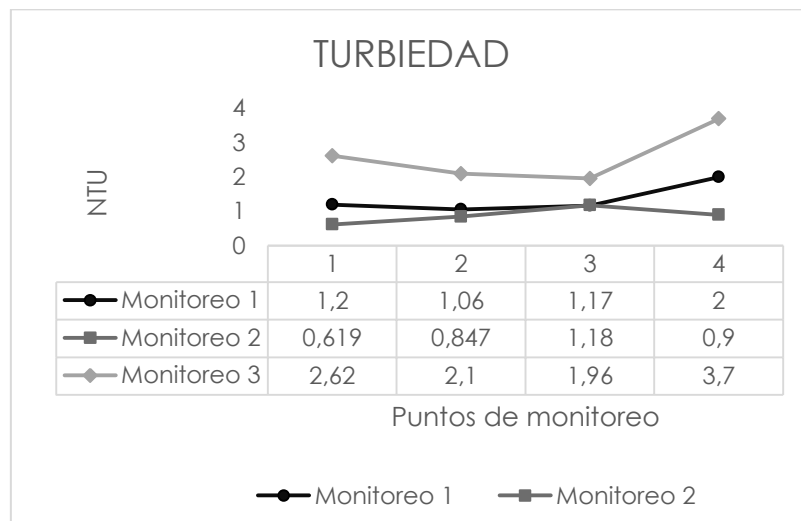


*Ilustración 18. Variación de la temperatura en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor

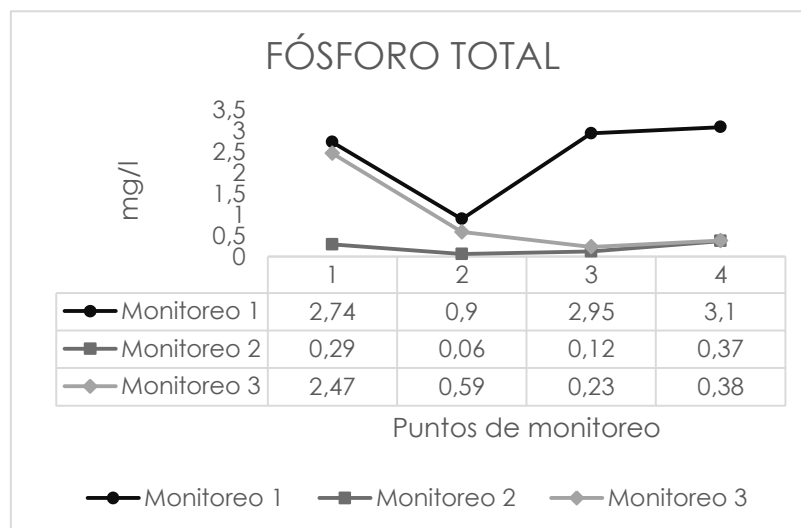


*Ilustración 19. Variación del pH en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor

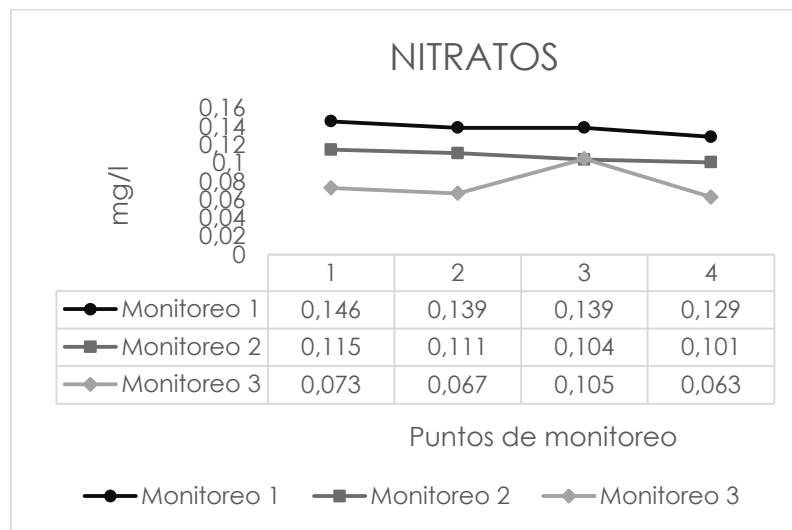




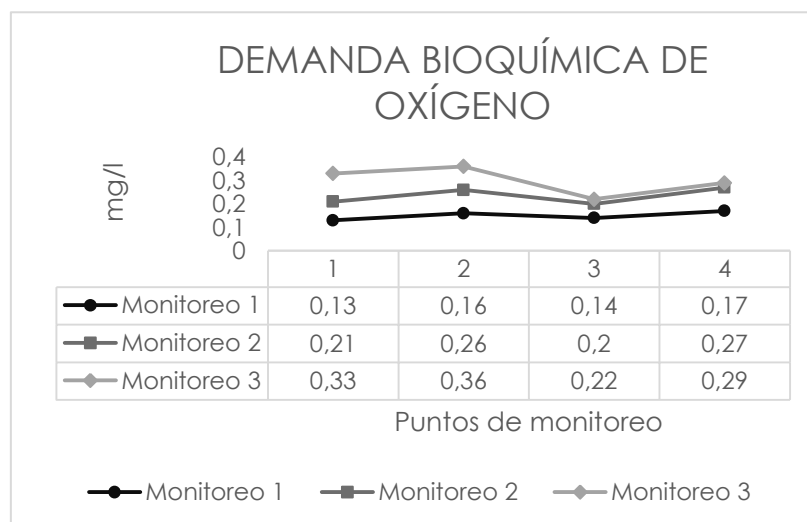
*Ilustración 20. Variación de la turbiedad en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor



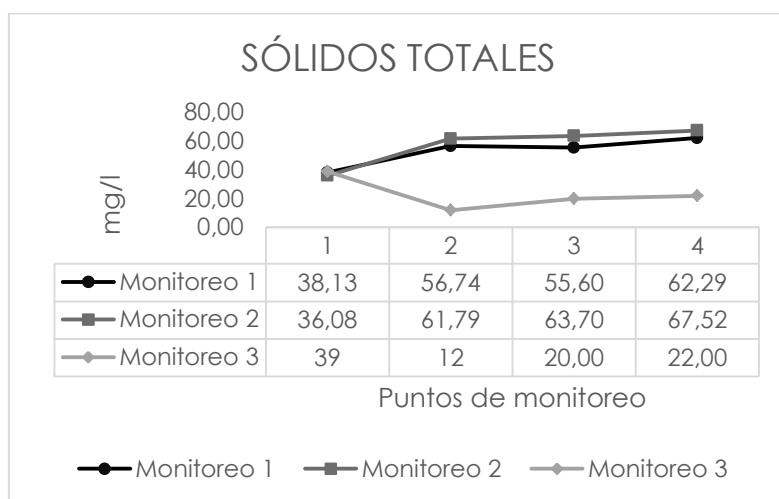
*Ilustración 21. Variación del fósforo total en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor



*Ilustración 22. Variación de los nitratos en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor



*Ilustración 23. Variación de la DBO en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor



*Ilustración 24. Variación de los sólidos totales en los cuatro puntos de monitoreo*  
**Elaboración:** El autor

## Anexo 6. Sitios de muestreo



*Ilustración 25. Primer punto de monitoreo*

**Fuente:** El autor



*Ilustración 26. Segundo punto de monitoreo*

**Fuente:** El autor





*Ilustración 27. Tercer punto de monitoreo*  
**Fuente:** El autor



*Ilustración 28. Cuarto punto de monitoreo*  
**Fuente:** El autor



## Anexo 7. Resultados de los análisis



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA

### RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUA

Muestra Procedencia:	Microcuenca del río Alcacay.- Cantón Sigsig.- Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	13 de septiembre de 2018
Fecha de Análisis:	13 de septiembre de 2018
Condiciones Climatológicas:	Estiaje
Análisis solicitado por:	Srta. Gabriela Samaniego

PARAMETROS	Nace la Cuenca	Puente	Punto Bajo Unión Río y Quebrada	Captación	UNIDAD	OBSERVACIONES
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>						
HORA	9:08	11:09	11:45	13:35		
TEMPERATURA	7,4	8,3	8,8	9,8	°C.	in situ
OXIGENO DISUELTO	8,98	8,34	8,05	7,46	mg/l	in situ
TURBIDIDAD	1,2	1,06	1,17	2,0	NTU, FTU	
CONDUCTIVIDAD	27,2	40,1	40,0	42,7	microsiemens/ cm	
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>						
pH	7,6	7,5	7,6	7,7		
P.ORTOFOSFATOS TOTALES	2,74	0,90	2,95	3,10	mg/l	como Fósforo
N. NITRATOS	0,146	0,139	0,139	0,129	mg/l	como Nitrógeno
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	0,13	0,16	0,14	0,17	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1,0	2,0	1,0	4,0	mg/l	
<b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>						
COLIFORMES TOTALES	17,0	33,0	22,0	220,0	NMP/100ml	35°C. 24H
E. COLI	7,8	7,8	13,0	130,0	NMP/100ml	35°C. 24H

Responsable:

Dra. Guillermina Pauta C.  
DIRECTORA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Ingeniería  
LABORATORIO DE  
INGENIERÍA SANITARIA





**RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUA**

Muestra Procedencia:	Microcuenca del río Alcacay.- Cantón Sigüig.- Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Superficial
Fecha de Toma:	18 de octubre de 2018
Fecha de Análisis:	18 de octubre de 2018
Condiciones Climatológicas:	Estiaje
Análisis solicitado por:	Srta. Gabriela Samaniego

PARAMETROS	Nace la Cuenca	Puente	Punto Bajo Unión Río y Quebrada	Captación	UNIDAD	OBSERVACIONES
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>						
HORA	9:25	10:38	11:18	12:40		
TEMPERATURA	9,1	10	10,4	10,4	°C.	in situ
OXIGENO DISUELTO	6,53	7,75	7,74	7,74	mg/l	in situ
SATURACIÓN DE OXIGENO	56,7	68,7	69,1	69,1	%	
TURBIEDAD	0,619	0,847	1,18	0,9	NTU, FTU	
CONDUCTIVIDAD	25,7	43,8	45,2	48,0	microsiemens/ cm	
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>						
pH	7,6	7,6	7,7	7,7		
P.ORTOFOSFATOS TOTALES	0,29	0,06	0,12	0,37	mg/l	como Fósforo
N. NITRATOS	0,115	0,111	0,104	0,101	mg/l	como Nitrógeno
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	0,21	0,26	0,2	0,27	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	1,0	2,0	2,0	2,0	mg/l	
<b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>						
COLIFORMES TOTALES	220,0	220,0	220,0	280,0	NMP/100ml	35°C. 24H
E. COLI	4,0	33,0	79,0	46,0	NMP/100ml	35°C. 24H

Responsable:

  
Dra. Guillermina Paula C.  
DIRECTORA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Facultad de Ingeniería  
LABORATORIO DE  
INGENIERÍA SANITARIA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUA

Muestra Procedencia: Microcuenca del río Alcacay.- Cantón Siglig.- Provincia del Azuay  
Tipo de Fuente: Superficial  
Fecha de Toma: 21 de noviembre de 2018  
Fecha de Análisis: 21 de noviembre de 2018  
Condiciones Climatológicas: Soleado  
Análisis solicitado por: Srta. Gabriela Samaniego

PARAMETROS	Nace la Cuenca	Puente	Punto Bajo Unión Río y Quebrada	Captación	UNIDAD	OBSERVACIONES
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>						
HORA	9:35	10:38	12:00	12:50		
TEMPERATURA	9,3	10,2	11,1	12	°C.	in situ
OXIGENO DISUELTO	8,13	7,67	8,3	8,38	mg/l	in situ
SATURACION DE OXIGENO	70,9	67,5	75,5	77,8	%	
TURBIEDAD	2,62	2,1	1,96	3,7	NTU, FTU	
CONDUCTIVIDAD	22,5	19,6	20,2	15,3	microsiemens/ cm	
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>						
pH	7,4	7,4	7,3	7,2		
P.ORTOFOSFATOS TOTALES	2,47	0,590	0,230	0,380	mg/l	como Fósforo
N. NITRATOS	0,073	0,067	0,105	0,063	mg/l	como Nitrógeno
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	0,33	0,36	0,22	0,29	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	3,0	1,0	1,0	1,0	mg/l	
SOLIDOS TOTALES	39,0	12,0	20,0	22,0		
<b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>						
COLIFORMES TOTALES	170,0	220,0	280,0	920,0	NMP/100ml	35°C. 24H
E. COLI	7,8	17,0	33,0	33,0	NMP/100ml	35°C. 24H

Responsable:

  
Dra. Guillermina Pauta C.  
DIRECTORA DE LABORATORIO

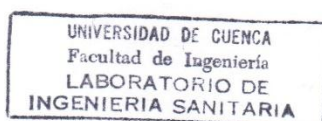


Ilustración 31. Resultados de laboratorio del tercer monitoreo  
Fuente: Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (2018)